วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของอาหารคีโตเจนิกต่ออัตราการเจริญเติบโตและความหนาไขมันสันหลังของสุกรขุน

Effects of ketogenic diet on growth performance and backfat thickness of finishing pigs

อดิศักดิ์ คงแก้ว[1], นิทัศน์ วิชาสิทธิ์[1], อรปรียา โชติ[1], วัชรินทร์ อ้มทองหลาง[1] และ วันดี ทาตระกูล[1]*

Adisak Kongkeaw[1], Nithat Wichasit[1], Onpreeya Chot[1], Watcharin Omthonglang[1] and Wandee Tartrakoon[1]*

[1] *สาขาวิชาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ และสถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมการเกษตรและปศุสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร*

[1] *Division of Animal Science and Feed Technology and Center of Excellence for Agricultural and Livestock Innovations, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University*

บทคัดย่อ: อาหารคีโตเจนิก (Ketogenic; KT) เป็นอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าปกติ และไขมันสูง วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ใช้น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Palm kernel oil ; PKO) เพื่อให้มีความเข้มข้นของพลังงานจากน้ำมันมากขึ้น ให้สุกรดึงพลังงานจากน้ำมันไปใช้และเหลือสะสมน้อยที่สุด การทดลองแรก ศึกษาอาหาร KT ที่ใช้ PKO 6% ในอาหาร แบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยสองกลุ่มแรกให้อาหารทดลอง 4 (KT4(6)) และ 6 สัปดาห์ (KT6(6)) ก่อนขายสุกรขุน และสุกรกลุ่มที่สามได้รับอาหารควบคุมที่ใช้น้ำมันปาล์ม 3.5 % (CON1&2) เลี้ยงสุกรขุน 96 ตัว อายุ 13 -16 และ 17 - 20 สัปดาห์ จำนวน 12 คอกๆ ละ 8 ตัว การทดลองที่สอง ศึกษาในสุกร 64 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 4 คอกๆ ละ 8 ตัว ให้อาหารทดลอง 4 สัปดาห์ ก่อนขายสุกรขุน โดยกลุ่มทดลองใช้ PKO 8% ในอาหาร ให้อาหารทดลอง 4 สัปดาห์ KT4(8) ก่อนขายสุกรขุน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้น้ำมันปาล์ม 4% (CON3) ในอาหาร แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และให้อาหารแบบไม่จำกัดทั้งสองการทดลอง ผลการทดลองพบว่าการใช้ PKO 6% ส่งผลทำให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโต ของกลุ่ม KT4(6) และ KT6(6) ไม่ต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่ากลุ่ม CON1&2 (P<0.05) และมีแนวโน้มของความหนาไขมันสันหลังบริเวณกล้ามเนื้อซอกขาหน้าต่ำสุด (P=0.071) ในการทดลองที่สอง อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย และความหนาไขมันสันหลัง (P2) ที่เพิ่มขึ้น ของสุกรกลุ่ม KT4(8) ต่ำกว่ากลุ่ม CON3 (P<0.05) สรุปได้ว่าอาหาร KT โดยใช้ PKO 6 - 8% ในอาหาร เลี้ยงสุกร 4 สัปดาห์ก่อนขาย ช่วยลดความหนาไขมันสันหลัง และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของสุกรขุนได้

คำสำคัญ : อาหารสัตว์คีโตเจนิก; น้ำมันเมล็ดในปาล์ม; ประสิทธิภาพการผลิต; ความหนาไขมันสันหลัง; สุกรขุน

ABSTRACT: A ketogenic diet is low carbohydrates and high-fat content in the feed. The aim of this study was to use palm kernel oil (PKO) to obtain a high energy density in the feed. For this purpose, the finishing pig could almost completely utilize the energy of the oil with the least amount of accumulated fat. The first experiment of this study for the ketogenic diet used 6% PKO in the feed. In the first study, 96 finishing pigs were divided into three groups: the first two treatment groups were four weeks (KT4(6)) and six weeks (KT6(6)) fed ketogenic diets before selling pigs and the third group fed control diet using 3.5% palm oil (CON1&2) at age 13-16 and 17-20 weeks. In the second experiment, 64 finishing pigs were separated into 12 pens, with eight pigs per pen as a replication. They were divided into two groups; four pens per group contained eight pigs per pen as a replication. The experimental group using 8% PKO in the feed (KT4(8)) compared to the control group using 4% palm oil (CON3) in the feed. The experimental design in both experiments was a completely randomized design with *ad libitum* feeding. The production efficiency and backfat thickness of finishing pigs fed experimental diets were evaluated. It found that the use of 6% PKO resulted in the increased weight and growth rate of KT6(4) group higher than con1&2 (P<0.05), but not different

* Corresponding author: wandeeta@nu.ac.th

Received: date; May 11, 2021 Accepted: date; July 30, 2021 Published: date; January 15, 2022

from KT6(6) (P>0.05). The backfat thickness at the front leg muscles tended to be the lowest (P=0.071). In the second *experiment, the feed conversion ratio,* average daily feed intake and backfat gain at P2 of the KT4(8) group was lower than CON3 (P<0.05). Therefore, it concluded that 6-8% PKO in the feed fed for finishing pigs for four weeks before the slaughter's delivery could reduce the backfat thickness and increase the pigs' production efficiency.

Keywords: ketogenic feed; palm kernel oil; growth performance; backfat thickness; finishing pig

บทนำ

ปัญหาหนึ่งที่ผู้เลี้ยงสุกรมักพบ คือ ปริมาณการสะสมไขมันในช่วงระยะท้ายของการขุน หรือประมาณ 4-6 สัปดาห์ก่อนการส่งตลาด เนื่องจากการเลี้ยงในระบบอุตสาหกรรม เป็นการเลี้ยงในคอกขังรวมขนาดใหญ่ คอกละ 40-50 ตัว การให้อาหารสุกรเป็นแบบการให้กินแบบไม่จำกัดอาหาร (*ad libitum*) ทำให้อัตราการเจริญเติบโตดีแต่ปริมาณการกินได้มากกว่าการให้อาหารแบบจำกัด จะมีแนวโน้มทำให้มีการสะสมไขมันมากขึ้นเป็นลำดับ (Kim et al., 2014b) อีกทั้งพบว่าสุกรตัวที่ขนาดเล็กกว่า หรือที่มีลำดับด้อยกว่าทางสังคม ซึ่งมีปริมาณประมาณ 10% ของฝูงจะได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ โดยที่ปัจจัยทางด้านการตลาด และราคา ทำให้อาหารสุกรระยะขุนอาจมีการเสริมสารบางชนิด เช่น โครเมียม คาร์นิทีน สารเร่งเนื้อแดง เป็นต้น เพื่อไม่ให้สุกรมีไขมันมากเกินไป (Dokmanovic et al., 2015) อีกทั้งองค์ประกอบของอาหารที่สุกรกิน มีผลโดยตรงต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ อย่างไรก็ตามการให้อาหารสุกรขุนในช่วงท้ายไม่ใช่เพียงแค่ให้มีประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed efficiency; FE) และอัตราการเจริญเติบโต (average derange daily gain; ADG) ที่ดีที่สุดเท่านั้น แต่ต้องพิจารณาผลที่มีต่อคุณภาพซากด้วย (Keaschall et al., 1983) ดังนั้นเพื่อให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุดจึงจำเป็นที่ต้องปรับระดับสารอาหารให้เหมาะสมต่ออายุ แต่อย่างไรก็ตาม สภาพแวดล้อมก็มีผลต่อปริมาณการกินอาหารด้วยเช่นกัน (Gonyou et al., 2006; Kim et al., 2017a) ดังนั้นการออกแบบสูตรอาหารเพื่อเพิ่มศักยภาพปริมาณการกินต่อโอกาสเข้ากินอาหาร โดยสุกรทุกตัวจะกินอาหารในปริมาณที่จำกัดด้วยตัวของสุกรเอง ก่อนที่จะรู้สึกอิ่มตามระดับพลังงานที่ได้รับ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อสุกรตัวเล็กกว่าสามารถกินในปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งเรียกว่า อาหารคีโตจีนิก (ketogenic feed) คือการใช้อาหารที่คาร์โบไฮเดรตต่ำและไขมันสูง คำว่า คีโต (keto) คือการกำหนดให้ร่างกายใช้พลังงานจากไขมันแทนคาร์โบไฮเดรต ส่วนจีนิก (genic) คือการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบต่างๆ ในร่างกาย ดังนั้นอาหารคีโตจีนิก (ketogenic feed)สำหรับสุกร มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยส่งเสริมความสม่ำเสมอของฝูงดีขึ้น และควบคุมให้ร่างกายใช้แหล่งพลังงานจากไขมัน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่เผาผาญได้ดีกว่าปกติ แต่ถ้าหากร่างกายเผาผลาญได้มาก ก็แสดงว่ายิ่งทำให้มีคีโตมากขึ้น (Alsop et al., 1994 ; Harry and Chugni. 2017) การทดลองนี้เป็นการปรับระดับของแหล่งพลังงาน และช่วงระยะเวลาการให้น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (palm kernel oil; PKO) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีคุณภาพสามารถใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ได้ เพื่อศึกษาระดับ และระยะเวลาการใช้ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และความหนาไขมันสันหลังของสุกรขุน

วิธีการศึกษา

อาหารคีโตเจนิก ในการศึกษานี้ คือ การใช้ไขมันชนิดที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันสายยาวปานกลาง (medium chain fatty acids, MCFAs) เป็นหลัก ได้แก่น้ำมันเมล็ดในปาล์ม ปรับระดับโภชนะในอาหารทดลองตามความต้องการของสุกร (NRC., 2012) แบ่งเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาในสุกรขุนลูกผสม ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) อายุ 13 สัปดาห์ จำนวน 96 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่มการทดลองๆ ละ 4 คอกหรือซ้ำๆ ละ 8 ตัว กินอาหารตามกลุ่มทดลองได้แก่ กลุ่มที่ได้รับอาหารคีโตเจนิกที่มีการใช้น้ำมันเมล็ดในปาล์ม PKO 6% กำหนดให้อาหารทดลอง 4 (KT4(6)) และ 6 (KT6(6)) สัปดาห์ก่อนขายขุนเปรียบเทียบกับอาหารควบคุมที่ใช้น้ำมันปาล์ม (crude palm oil; CPO) 3.5% แบ่งเป็น CON1 สูตรอาหารสำหรับสุกรขุน อายุ 13-16 สัปดาห์ และ CON2 สำหรับสุกรอายุ 17-20 สัปดาห์ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ completely randomized design (CRD)

การทดลองที่ 2 ศึกษาในสุกรขุนลูกผสม ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) อายุ 17 สัปดาห์ จำนวนสุกร 64 ตัว แบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คอกหรือซ้ำ แต่ละคอกมีสุกรจำนวน 8 ตัวกินอาหารตามสูตรทดลอง อายุสุกร 17-20 สัปดาห์ เป็นการศึกษาอาหารคี

โตเจนิคที่ใช้ PKO 8% (KT4(8)) เปรียบเทียบกับอาหารควบคุมที่ใช้ CPO 4 % (CON3) โดยใช้ระยะเวลาการเลี้ยงเท่ากัน 4 สัปดาห์ก่อนขาย ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี: น้ำมันเมล็ดในปาล์มใช้ในการศึกษาจากบริษัท สุขสมบูรณ์น้ำมันปาล์ม จำกัด จังหวัดชลบุรี วิเคราะห์กรดไขมัน (Fatty acid) ตามวิธี AOAC (2012) 996.06 โดยที่ medium chain triglycerides (MCT) มีสัดส่วนของ PKO และ CPO เท่ากับ 54.45% ต่อ 3.03% ตามลำดับ และ long chain triglycerides (LCT) มีสัดส่วนของ PKO และ CPO เท่ากับ 45.55% ต่อ 96.97% ตามลำดับ **(Table 1)**

ลักษณะที่ต้องการศึกษา: ได้แก่ น้ำหนักเพิ่มขึ้น (weight gain; WG) อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (average daily feed intake, ADFI) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (feed conversion ratio : FCR) การประเมินต้นทุนการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (feed cost per gain; FCG) วัดความหนาไขมันสันหลัง (backfat thickness; BF) ด้วยเครื่อง A-mode ultrasonography (Renco lean meter®, Minneapolis, MN, USA) (วุฒิชัย และคณะ, 2562) กำหนดตำแหน่งของการตรวจวัดคือ P2 และวัด 3 จุด (P1, P2, P3) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยที่ทุกจุดห่างจากแนวกลางหลัง 4.5, 6.5 และ 8.0 เซนติเมตรตามลำดับ และกำหนดให้มีการตรวจวัด 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นกล้ามเนื้อแนวเดียวกับซอกขาหน้า (กลางหลังไหล่เหนือข้อศอก; M1) ส่วนที่ 2 เป็นแนวเดียวกับกระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย (บริเวณกลางหลังที่ตำแหน่งซี่โครงซี่สุดท้าย; M2) และส่วนสุดท้ายเป็นแนวเดียวกับซอกขาหลัง (บริเวณเหนือสะโพกที่ซอกขาหลัง)

การวิเคราะห์สถิติ: งานทดลองที่ 1 แบ่งการทดลองเป็น 3 กลุ่มที่มีความแตกต่างกันกันระยะเวลาของการให้อาหารคีโตจีนิกเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ให้ และเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาการให้ระหว่างกลุ่มการทดลอง โดยวิเคราะห์สถิติแบบ Mixed model (Independent sample t-test & ANOVA) ค่า *P*-value จะมี 3 ค่า ดังต่อไปนี้ CON1&2 VS KT4(6) คือ เปรียบเทียบกลุ่มที่ใช้อาหารคีโตจีนิก 4 สัปดาห์ โดยมีสัดส่วน PKO 6% เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม ของทั้งช่วงระยะรุ่นและขุน, CON1&2 VS KT6(6) คือ เปรียบเทียบกลุ่มที่ใช้อาหารคีโตจีนิก 6 สัปดาห์ โดยมีสัดส่วน PKO 6% เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม ของทั้งช่วงระยะรุ่นและขุน และ KT4(6) VS KT6(6) คือ เปรียบเทียบกลุ่มที่ใช้อาหารคีโตจีนิกที่ใช้สัดส่วนของ PKO 6% เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ให้ 4 และ 6 สัปดาห์ ของทั้งช่วงระยะรุ่นและขุน ส่วนงานทดลองที่ 2 แบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม ระหว่างให้กินอาหารคีโตจีนิดและไม่ให้เป็นกลุ่มควบคุม โดยวิเคราะห์สถิติแบบ Independent sample t-test ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS V.17 วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลอง

ผลการศึกษา

จากการทดลองการใช้ PKO เป็นแหล่งพลังงานในระดับสูง หรือที่เรียกว่า อาหารคีโตจีนิกที่ระดับการเสริมในสูตรอาหาร 6 (KT6(6)) และ 8% (KT4(8)) พบว่าสูตรอาหารทดลองมีพลังงานที่ได้จากน้ำมันเมล็ดในปาล์ม และน้ำมันเมล็ดเนื้อในปาล์ม โดยคิดเป็น 15.15% และ 19.83% ตามลำดับจากพลังงานทั้งหมดในอาหาร จากการทดลองการใช้ PKO 6% เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้ CPO 3.5 % ส่งผลทำให้น้ำหนักสุดท้ายสูงกว่ากลุ่ม CON1&2 ($P<0.05$) และ ADG ของกลุ่ม KT4(6) และ KT6(6) สูงกว่ากลุ่ม CON1&2 ($P<0.05$) แต่ไม่ต่างกันระหว่างกลุ่มที่ใช้อาหารคีโตจีนิก 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่ม KT6(6) มีความหนาไขมันสันหลังของกล้ามเนื้อบริเวณซอกขาหน้ามีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่ม CON และ KT4 และค่าความหนาไขมันสันหลัง(P2) อายุสุกร 19 สัปดาห์ ของกลุ่ม KT4(6) มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่ม KT6(6) ส่วน FCR, ADFI และ FCG ไม่ต่างกันทางสถิติ สำหรับ FCR, ADFI และ อัตราการเพิ่มขึ้น BF ที่ตำแหน่ง P2 ของกลุ่ม KT4(8) ต่ำกว่ากลุ่ม CON3 และการประเมินต้นทุน ค่า FCG ไม่ต่างกันทางสถิติ

Table 1 Composition and nutritive values of the experimental diets

Ingredients	1st Experiment 1				2nd Experiment	
	CON1[1] Pig age 13-16 wks.	KT6(6)[3] Pig age 13-16 wks.	CON2[1] Pig age 17-20 wks.	KT4(6)[4], KT6(6)[3] Pig age 17-20 wks.	CON3[2] Pig age 17-20 wks.	KT4(8)[5] Pig age 17-20 wks.
Broken rice	30.00	10.00	22.00	8.50	22.50	0.00
Corn meal	20.30	25.20	29.70	23.20	22.00	23.00
Soybean meal 44%CP	17.40	16.00	15.30	12.50	18.50	16.00
Rice bran	26.00	40.00	26.70	47.00	30.00	50.00
Palm oil	3.50	0.00	3.50	0.00	4.00	0.00
Palm kernel oil	0.00	6.00	0.00	6.00	0.00	8.00
Lysine -HCL	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
dicalcium phosphate 18%	0.70	0.70	0.70	0.70	1.00	1.00
$CaCO_3$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Threonine	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00
Premix[6]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Cost Baht/kg	12.12	12.37	11.97	12.20	12.62	12.85
Analytical chemical composition (%)						
Dry matter	83.44	83.76	87.20	86.88	87.96	85.75
Ash	5.92	5.93	5.66	5.71	5.97	6.91
Crude Fat	9.17	11.83	9.01	11.67	8.85	15.01
Crude Protein	14.68	14.65	12.48	12.59	13.75	14.24
Gross Energy (kcal/1kg)	3745	3763	3712	3830	3640	3707
Calculated chemical composition (%)						
Crude fiber (CF)	4.03	4.95	4.09	5.19	4.38	5.57
lysine	0.97	0.98	0.93	0.91	1.02	1.01
methionine	0.27	0.28	0.27	0.27	0.28	0.29
methionine + cystine	0.54	0.56	0.52	0.53	0.56	0.58
Threonine	0.68	0.68	0.65	0.65	0.60	0.60
Tryptophan	0.19	0.19	0.18	0.18	0.20	0.20
Arginine	1.08	0.11	1.02	1.16	1.13	1.16
valine	0.77	0.75	0.73	0.71	0.79	0.76
calcium	0.60	0.59	0.59	0.58	0.62	0.61
Total Phosphorus	0.76	0.96	0.73	1.04	1.20	1.50
Available Phosphorus	0.23	0.25	0.23	0.26	0.27	0.31
Metabolizable energy (ME) (kcal/1kg)	3319	3353	3303	3326	3306	3388

[1] **CON1&2** = Control group in experiment 1 in the growing and finishing pigs.

[2] **CON3** = Control group in experiment 2 In the finishing pigs.

[3] **KT(4)6** = Ketogenic 4 weeks and using 6% PKO in the finishing pigs.

[4] **KT(6)6** = Ketogenic 6 weeks and using 6% PKO in the growing and finishing pigs.

[5] **KT(4)8** = Ketogenic 4 weeks and using 8% PKO in the finishing pigs.

[6] The components premix starter and growing-finishing in 2.5 kilograms: Vitamin A: 10, Vitamin D3: 2, Vitamin E: 15000, Vitamin K3: 1000, Vitamin B1: 1000, Vitamin B2: 2500, Vitamin B6: 2500, Vitamin B12: 12, Folic Acid: 300, Biotin: 50, nicotinic acid: 12, pantothenic acid: 12, Manganese: 40, iron: 140, Copper: 150, Zinc: 100, Iodine: 1, Selenium: 0.1, Cobalt: 0.5 and chemobiotic: 6.5.

Table 2 Effects of dietary treatment on growth performance and backfat thickness of finishing pig in the first experiment

Item	CON1&2[1]	KT4(6)[2]	KT6(6)[3]	SEM	P-value		
					KT4(6)[4]	KT6(6)[5]	KT4(6) & KT6(6)[6]
Initial Wt. (kg); 13 wks.	53.61	53.41	53.64	0.460	0.467	0.896	0.418
weight (kg); 15 wks.	66.32	66.32	66.15	1.082	0.939	0.956	0.998
weight (kg); 17 wks.	79.84	79.09	78.26	1.089	0.788	0.617	0.864
Final weight (kg); 20 wks.	100.30	100.75	101.09	0.695	0.909	0.045	0.082
Weight gain (kg)	46.70	47.33	47.44	0.435	0.742	0.206	0.085
Average Daily Gain; ADG (g/d)							
17-20 wks.	711.98	770.72	812.29	11.47	0.647	0.256	0.101
15-20 wks.	800.60	815.57	829.43	8.167	0.742	0.006	0.017
Total period	953.00	966.00	968.27	8.881	0.006	0.006	0.085
Feed Conversion Ratio; FCR							
17-20 wks.	4.08	3.69	3.62	0.058	0.017	0.269	0.144
15-20 wks.	3.49	3.43	3.39	0.034	0.914	0.394	0.298
Total period	2.89	2.86	2.86	0.027	0.402	0.619	0.710
Average Daily Feed Intake; ADFI (kg/d)							
17-20 wks.	2.84	2.81	2.87	0.010	0.006	0.000	0.000
15-20 wks.	2.77	2.78	2.77	0.009	0.091	0.063	0.090
Total period	2.72	2.74	2.74	0.009	0.268	0.269	0.267
FCG[7] (Baht/kg)							
17-20 wks.	35.54	34.71	35.32	0.688	0.511	0.827	0.384
15-20 wks.	34.82	34.19	33.77	0.561	0.378	0.987	0.325
Total period	39.47	39.27	38.44	0.609	0.523	0.549	0.983
Back fat thickness gain[8] 13-19 wks. (mm)							
Back fat M1	5.25	5.58	4.97	0.305	0.838	0.071	0.482
Back fat M2	4.59	4.96	5.39	0.346	0.673	0.258	0.422
Back fat M3	3.19	2.79	3.53	0.365	0.603	0.133	0.478
Back fat (P2) (mm)							
Int Back fat (13 wks.)	12.25	11.75	12.50	0.277	0.687	0.390	0.335
Back fat (15 wks.)	14.03	14.25	14.38	0.207	0.098	0.881	0.563
Back fat (17 wks.)	16.59	16.72	17.69	0.308	0.759	0.852	0.187
Back fat (19 wks.)	16.94	16.91	17.94	0.229	0.768	0.118	0.080
Back fat Gain (P2)[9]	4.69	5.19	5.44	0.289	0.180	0.180	0.357

[1] CON1&2 = Control group in experiment 1 in the growing and finishing Pigs.

[2] KT(4)6 = Ketogenic 4 weeks and using 6% PKO in the finishing Pigs.

[3] KT(6)6 = Ketogenic 6 weeks and using 6% PKO in the growing and finishing Pigs.

[4]CON1&2 VS KT4(6), [5] CON1&2 VS KT6(6) and [6] KT4(6) VS KT6(6)

[7] FCG = feed cost for 1 kilogram of weight gain (Baht/kg)

[8] Back fat gain = different of backfat thickness at 19 wks. of age) – Initial back fat (at 13 wks. of age)

[9] Back fat gain (P2) = different of backfat thickness at P2 (at 19 wks. of age) - Initial back fat (at 13 wks. of age)

[a b] Mean within the same column with different superscript letters differ significant (P<0.05)

Table 3 Effects of dietary treatments on growth performance and backfat thickness of finishing pigs in second (Experiment 2)

Items	CON3[1]	KT(4)8[2]	SEM	P-value
Initial Wt (kg); 17 wks.	76.83	76.86	1.139	0.982
Final weight (kg); 20 wks.	103.15	102.70	1.259	0.724
Weight gain (kg)	70.78	71.28	1.138	0.658
Average Daily Gain; ADG (g/d)	895.93	902.33	14.399	0.658
Feed Conversion Ratio; FCR	2.59	2.54	0.017	**0.000**
Average Daily Feed Intake; ADFI (kg/d)	2.39	2.35	0.024	**0.018**
FCG[3] (Baht/kg)	32.75	32.67	0.262	0.772
Back fat thickness 16 wks. (mm)	15.75	16.85	0.818	0.188
Back fat thickness 20 wks. (mm)	19.71	19.21	0.973	0.611
Back fat gain[4] (mm)	3.96	2.35	0.760	**0.043**

[1] CON3 = Control group in experiment 2

[2] KT(4)8 = Ketogenic 4 weeks and using 8% PKO in the finishing Pigs.

[3]FCG = feed cost for kilogram of weight gain

[4]Back fat Gain = different of backfat thickness at P2 (at 20 wks. of age) – Initial back fat P2 (at 16 wks. of age)

[a,b] Mean within the same column with different superscript letters differ significant (P<0.05)

วิจารณ์

การประกอบสูตรอาหารคีโตจีนิกสำหรับสุกรขุน ที่ระดับการใช้ PKO 6-8% ในสูตรอาหาร เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ก่อนจำหน่าย พบว่าสามารถลดความหนาไขมันสันหลัง และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารได้ (**Table 2** และ **3**) ทั้งนี้เนื่องจาก PKO มีองค์ประกอบของกรดไขมันที่เป็น MCFAs ซึ่งร่างกายสัตว์สามารถดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้ดีกว่ากรดไขมันจากน้ำมันปาล์มซึ่งส่วนใหญ่เป็น LCFAs ทั้งยังสามารถถูกออกซิไดซ์เป็น ATP ได้อย่างรวดเร็วและเคลื่อนย้ายผ่านเยื่อบุของไมโตรคอนเดรีย โดยวิธีการซึมผ่านไปยังตำแหน่งที่เกิดกระบวนการ electron transport ได้โดยตรง (Liu., 2015) ซึ่งโดยปกติร่างกายจะใช้พลังงานจากกลุ่มของแป้งหรือน้ำตาลเป็นอันดับแรก แต่เมื่อสัตว์ได้รับคาร์โบไฮเดรตมากพอจนเหลือใช้ คาร์โบไฮเดรตเหล่านี้จะถูก สะสมในรูปของไกลโคเจนบริเวณในกล้ามเนื้อ และตับ (ประมาณ 1% ของน้ำหนักตัว) เป็นลำดับแรก และที่เหลือจะสะสมในรูปไตรกลีเซอไรด์บริเวณเซลล์ไขมัน แต่ในทางกลับกันเมื่อสัตว์ได้รับแหล่งพลังงานในกลุ่ม MCFAs สามารถพบได้จาก PKO เป็นแหล่งพลังงานที่มีความหนาแน่นสูง สุกรจะนำไปใช้ได้เร็วทำให้สุกรรู้สึกอิ่ม และใช้หมดไปโดยไม่สะสม (Alsop et al., 1994; Harry and Chugni. 2017) สอดคล้องกับ ไอซ์ Thai Keto Pal, (2561) ได้กล่าวว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีกลไกของ Acetyl-CoA ที่เกิดบริเวณเซลล์ตับสามารถเปลี่ยนไปเป็นคีโทนบอดี (ketone bodies) นำแหล่งพลังงานจากแหล่งอาหารที่เป็นคีโตจีนิกเข้าสู่กระแสเลือดตามเซลล์กล้ามเนื้อ หัวใจ และสมอง เพื่อเป็นพลังงานในระดับเซลล์

ดังนั้นการปรับสูตรอาหารสำหรับสัตว์โดยใช้แหล่งพลังงานจากไขมันเป็นหลัก เพื่อเอื้อต่อการเกิดคีโตจีนิกเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากในสุกร (Harry and Chugni, 2017) สามารถอธิบายเชิงกลไกการทำงานของการเปลี่ยนไขมันที่สะสมในรูปของไตรกลีเซอไรต์ต่อจากนั้นจะถูกย่อยเป็นกลีเซอรอล (glycerol) และกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) กรดไขมันเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนพลังงานให้อยู่ในรูปของ คีโทนบอดี ได้แก่ Acetone, Acetoacetate โดยเฉพาะ D-β-hydroxybutyrate สามารถเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ และกระแสเลือดโดยไม่ต้องใช้ตัวพา จึงมักเรียกสภาวะนี้ว่า คีโตสิส (ketosis) ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณ acetyl CoA ในไมโตคอนเดรียเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งแหล่งพลังงานที่มาจาก Ketone bodies หลังจากที่สุกรได้รับแหล่งพลังงานพิเศษจาก PKO จะเป็นแหล่งพลังงานเร่งด่วนสามารถเข้าในระบบเลือดของสัตว์ได้ทันที ร่วมด้วยกับการสลายไขมันในเนื้อเยื่อไขมันเพิ่มขึ้น และจะถูกจะออกซิไดซ์ หรือสลายพลังงานจากไขมันตามชั้นเนื้อ เพื่อมาใช้ในการดำรงชีพเป็นหลักทำให้สุกรสามารถควบคุมความหนาไขมันสันหลังได้ ส่วน Ketone bodies สามารถเกิดในสมอง ไต และกล้ามเนื้อ เป็นอิทธิพลที่ส่งผลให้อิ่มเร็วขึ้น (Evans et al., 2016) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของจุดประสงค์ของการควบคุมอาหารสุกรขุนช่วงท้าย สอดคล้องกับ (Evans et al. 2016; Lori 1999; Murray et al. 2009) .สำหรับสัดส่วนของน้ำมันเมล็ดในปาล์มของกลุ่มที่ทดลองจะใช้การเพิ่มสัดส่วนของรำละเอียดขึ้นและลดปลายข้าวลง เพื่อปรับสมดุลระดับพลังงานที่สุกรแต่ละช่วงอายุควรจะได้รับ อย่างไรก็ตามรำละเอียดถือว่าเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานที่มีระดับเยื่อใยอยู่ในเกณฑ์สูง มีความฟ่าม ไม่ควรใช้ในสัดส่วนของสูตรอาหารมากกว่า 50% (สาโรช, 2547) ถ้าหากสัดส่วนของรำละเอียดเพิ่มสูงขึ้นอาจจะส่งผลต่อปริมาณการกินอาหาร และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ซึ่งงานทดลองที่หนึ่งปริมาณการกินอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการทดลองที่สองปรับสัดส่วนของรำละเอียดของกลุ่มที่ใช้ PKO ที่ระดับ 8% โดยการปรับรำละเอียดสูงถึง 50% อาจเป็นอิทธิพลร่วมทำให้ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวันและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนอัตราการเพิ่มขึ้นของความหนาไขมันสันหลัง เป็นอิทธิพลของน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจวัดคุณภาพซากของ อิงครัตน์ และคณะ (2555) และ อรุณี และคณะ (2552)

สรุป

การประกอบสูตรอาหารคีโตจีนิกสำหรับสุกรขุนในช่วงท้ายก่อนส่งตลาด อายุ 20-22 สัปดาห์ เพื่อลดปัญหาคุณภาพซาก พบว่าการใช้ PKO ที่ระดับ 6-8% ในสูตรอาหาร ใช้ระยะเวลา 4 สัปดาห์ก่อนจับเข้าโรงฆ่า และชำแหละ สามารถช่วยลดความหนาไขมันสันหลัง และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารได้

เอกสารอ้างอิง

วุฒิชัย เคนไชยวงศ์, วาสนา ศิริแสน, ปองพล พงศ์ไธสงค์ และ อตถพร รุ่งสิทธิชัย. 2562. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความหนาของไขมันสันหลังในวันผสมครั้งแรก และความล้มเหลวในการตั้งท้องด้วยค่าสังเกต Cohort ในสุกรสาว. 839-844. ใน: ประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 20 เรื่องนวัตกรรมอีสานบูรณาการภูมิปัญญาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน 28-29 มกราคม 2562. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สาโรช ค้าเจริญ. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

อิงครัตน์ ธัญศิรธนารมย์, เนรมิตร สุขมณี, ยุวเรศ เรืองพานิช, และเสกสม อาตมางกูร. 2555. การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบในอาหารสุกร ระยะ 20–100 กิโลกรัม. น. 1388-1395. ใน: รายงานการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

อรุณี โยธี, วันดี ทาตระกูล, กุลยาภัสร วุฒิจารี, ทินกร ทาตระกูล, และณิฐิมา เฉลิมแสน. 2552. การทดแทนรำละเอียดในอาหารสุกรระยะรุ่น-ขุน ด้วยเศษผักและหยวกกล้วยหมัก. น. 257-266. ใน: รายงานการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ไอซ์ Thai Keto Pal. 2561. Ketogenic Diet มหัศจรรย์ไขมัน ยิ่งกินยิ่งผอม. สำนักพิมพ์เนชั่นบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

Alsop, E.J., D. Hurnilk, and R.J. Bildfell. 1994. Porcine ketosis: A case repoty and literture summary. Journal of Swine Health and Production. 2: 210-221.

AOAC. 2012. Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists. 19th Edition, Washington DC.

Dokmanovic, M., M. Baltic., J. Duric., J. Ivanovic., L.J. Popovic., M. Todorovic., R. Markovic, and S. Pantic. 2015. Correlations among stress parameters, meat and carcass quality parameters in pigs. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 3: 435-441.

Evans, M., E.C. Karl, and E. Brendan. 2016. Metabolism of ketone bodies during exercise and training: physiological basis for exogenous supplementation. Journal of Physiology. 595(9): 2857-2871.

Gonyou, H.W., M.C. Brumm., E. Bush., J. Deen., S.A. Edwards., T. Fangman., J.J. McGlone., M. Meunier-Salaun., R.B. Morrison., H. Spoolder., P.L. Sundberg, and A.K. Johnson. 2006. Application of broken-line analysis to assess floor space requirements of nursery and grower-finisher pigs expressed on an allometric basis. Journal of Animal Science. 84: 229-235.

Harry, T., and M. D. Chugani. 2017. Ketogenic Diet Nutritionals. Journal of Swine Health and Production. 1: 2.

Keaschall, K. E., B. D. Moser., E. R. Peo., A. J. Lewis, and T. D. Crenshaw. 1983. Dried fat for growing-finshing swine. Journal of Animal Science. 56: 286-295.

Liu, Y. 2015. Fatty acids, inflammation and intestinal health in pigs. Journal of Animal Science and Biotechnology. 6: 41.

Lori Laffel. 1999. Ketone Bodies: a Review of Physiology,Pathophysiology and Application of Monitoring to Diabetes. Diabetes/Metabolism Research and Reviews. 15: 412-426.

Kim, G.W., and H.Y. Kim. 2017a. Effects of Carcass Weight and Back-fat Thickness on Carcass Properties of Korean Native Pigs. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 37: 385-391.

Kim, J.S., S.L. Ingale., S.H. Lee., Y.H. Choi., E.H. Kim, and D.C. Lee. 2014b. Impact of dietary fat sources and feeding level on adipose tissue fatty acids composition and lipid metabolism related gene expression in finisher pigs. Animal Feed Science and Technology. 196: 60-67.

Murray, R., V. Rodwell., D. Bender., K.M. Botham., P.A. Weil, and P.J. Kennelly. 2009. Harper's Illustrated Biochemistry, 28th Edition (LANGE Basic Science). Printed in the united stated of America. 158-239.

NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed. Washington, DC, USA: National Academy Press.