การศึกษาปริมาณของแอล-คาร์นิทีนในอาหารสัตว์ต่อพ่อพันธุ์สุกร

โสมศจี ศิวิลัยกุล[1] ธีระยุทธ สุทธิจักร์[1] วิวัฒน์ กัลยาลัง[2]

บทคัดย่อ

แอล-คาร์นิทีนเป็นสารในกลุ่ม Quaternary ammonium compound และเป็นวัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำเชื้อ มีรายงานการศึกษาในมนุษย์ สัตว์ปีก สุกร ม้า และโค แต่ในการใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์ต้องใช้ตามปริมาณที่กำหนด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค การจะนำมาใช้เพื่อผสมอาหารสัตว์ต้องมีปริมาณที่เหมาะสม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมแอล-คาร์นิทีนในอาหารสำหรับพ่อพันธุ์สุกรในด้านที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพและคุณภาพน้ำเชื้อ โดยผสมแอล-คาร์นิทีนในปริมาณ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (หรือ 500 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการศึกษาในพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 จำนวน 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ 2 (กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมแอล-คาร์นิทีน) กลุ่มละ 7 ตัว รวม 14 ตัว รีดน้ำเชื้อสัปดาห์ละครั้ง นาน 4 สัปดาห์ เก็บข้อมูลคะแนนร่างกาย ลักษณะมูล สุขภาพ และคุณภาพน้ำเชื้อ ประกอบด้วย สี ปริมาตร ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของอสุจิในน้ำเชื้อ การเคลื่อนที่ของอสุจิ อัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็น และความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิ วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Independent T-test และ Paired T-test จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายและลักษณะมูลไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ไม่พบปัญหาด้านสุขภาพในสัตว์ทดลอง ผลต่อคุณภาพน้ำเชื้อระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มที่ 1 และ 2 (ก่อน-หลังการทดลอง 4 สัปดาห์) ภายในกลุ่มที่ 1 พบความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับกลุ่มที่ 2 พบการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และอัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็นลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: แอล-คาร์นิทีน อาหารสัตว์ พ่อพันธุ์สุกร คุณภาพน้ำเชื้อ

ทะเบียนวิชาการเลขที่: 65(2)-0322-073

[1]กองควบคุมอาหารและยาสัตว์ ศูนย์ราชการกรมปศุสัตว์ ปทุมธานี 12000

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาสุกร อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา 30450

The Study of L-Carnitine in animal feed on boars.

Somsajee Sivilaikul[1] Teerayut Suttijak[1] Wiwat Kanyalung[2]

Abstract

L-Carnitine is the quaternary ammonium compound and feed additive in Animal feed Control Act. that affects the growth performance and the semen quality. The effects of L-carnitine have been reported in humans, poultry, pigs, horses and cattle. However, the using of L-Carnitine as feed additive requires the efficiency dosages and consumers safety. The objects of this study were to determine the effect of L-Carnitine in the boar feed on growth performance and semen quality. The boar feed was added 200 mg/kg of L-Carnitine for 4 weeks. The experimental boars were divided into 2 groups, control and experimental (7 boars per group) a total of 14 boars. Fresh semen was collected weekly, and semen quality evaluation was performed for 4 weeks experimental period. The body condition scores, fecal scores, health condition and semen quality were recorded. Semen quality evaluation consisting of color, volume, pH, concentration, motility rate, mortality rate and abnormalities. Data were analyzed using Independent T-test and Paired T-test. The effect on body condition score and fecal score between the two groups have been found no statistically significant difference ($p>0.05$). All boars were normal health status. The effect on semen quality between the two groups were no statistically significant difference ($p>0.05$). Within group data of before and after experiment was compared using Paired T-test. The significantly difference of abnormality of semen was found in control group ($p<0.05$). Interestingly in the experimental group, the statistically significant difference was found in sperm motility that increased ($p<0.01$) and sperm mortality that decreased ($p<0.05$).

Keywords: L-Carnitine, Animal feed, Boar, Semen quality

Research Paper: 65(2)-0322-073

[1] Division of Animal Feed and Veterinary Products Control, Government Complex of Department of Livestock Development, Pathum Thani, 12000

[2] Swine Research and Development Center, Pakchong, Nakhonratchasima 30450

บทนำ

อาหารสัตว์เป็นสิ่งสำคัญในการผลิตปศุสัตว์ เนื่องจากเป็นปัจจัยและต้นทุนหลักในกระบวนการผลิตสัตว์ ในประเทศไทยอาหารสัตว์ถูกควบคุมดูแลภายใต้กฎหมายว่าด้วยการควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตสุกรมีการขยายตัวขึ้นเนื่องจากมีความต้องการในการบริโภคเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีการปรับปรุงปัจจัยการผลิตให้ทันสมัยและประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การปรับปรุงระบบการเลี้ยงและการจัดการ การพัฒนาสายพันธุ์ การจัดการด้านอาหารสัตว์ รวมทั้งการป้องกันโรค มาตรการรักษาความปลอดภัยทางชีวภาพ (Biosecurity management) และการจัดการสวัสดิภาพสัตว์ (Animal welfare) ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงสารตกค้างในผลิตภัณฑ์สัตว์ และความปลอดภัยในสัตว์และผู้บริโภค สำหรับในอาหารสัตว์ได้มีการนำวัตถุที่เติม (Feed additive) มาใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อมุ่งหมายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิต เช่น การใช้วิตามินบางชนิดที่มีผลช่วยให้สุกรมีการนำโภชนะไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น (การเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ คุณภาพซาก) หรือเพิ่มการขยายจำนวนประชากรสุกร (คุณภาพน้ำเชื้อ)

แอล-คาร์นิทีน (L-carnitine) เป็นวัตถุที่เติมในประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดวัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ ปริมาณการใช้ และเงื่อนไขในการห้ามผลิต นำเข้า หรือขายอาหารสัตว์ พ.ศ. 2559 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) โดยกำหนดปริมาณอยู่ที่ไม่น้อยกว่า 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในอาหารสัตว์ผสมสำเร็จรูปสำหรับสุกร ซึ่งแอล-คาร์นิทีนเป็นสารในกลุ่ม Quaternary ammonium compound ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญของสิ่งมีชีวิต มีบทบาทสำคัญในการขนถ่ายกรดไขมันผ่านเมมเบรนของไมโตคอนเดรียทำให้เกิด β-oxidation ที่สมบูรณ์ (Neuman et al., 2002) เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานจากของเหลวใน Epididymal ของตัวอสุจิ ซึ่งช่วยในด้านการเคลื่อนไหวของตัวอสุจิโดยตรง นอกจากนี้แอล-คาร์นิทีนยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญตัวหนึ่ง ดังที่มีรายงานว่า แอล-คาร์นิทีนสนับสนุนการทำงานของเอนไซม์ *Pyruvate dehydrogenase* ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการ Respiratory chain ของไมโตคอนเดรีย สำหรับในมนุษย์การเสริมแอล-คาร์นิทีนในอาหารมีผลต่อคุณภาพของตัวอสุจิ (Mongioi et al., 2016) เช่นเดียวกับในสัตว์ปีก (Neuman et al., 2002) และในสุกร (Yeste et al., 2010) นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้แอล-คาร์นิทีนผสมในสารละลายน้ำเชื้อสามารถเพิ่มคุณภาพน้ำเชื้อในม้า (Gibb et al., 2015) และในโค (Yeste et al., 2010) โดยปริมาณของแอล-คาร์นิทีนในอาหารสัตว์ที่มีการศึกษาคือ 230, 500, 625 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน (Baumgartner, 1998; Ciereszko et al., 2000) โดยสามารถเพิ่มคุณภาพน้ำเชื้อสุกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ ความสมบูรณ์ของผนังเซลล์ของตัวอสุจิ และเพิ่มจำนวนตัวอสุจิที่เกาะยึดกับส่วน Zona pellucida ของไข่ (Oocyte) (Yang et al., 2020) นอกจากนี้แอล-คาร์นิทีนมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการเจริญเติบโต (Growth performance) ของลูกสุกรหย่านม (Owen et al., 1996) และคุณภาพซากในสุกรขุน (กฤษ และกิตติ, 2564; สมโชค, 2544)

กรมปศุสัตว์ได้พัฒนาพันธุ์สุกรและผลิตเป็นสุกรพ่อพันธุ์เพื่อใช้ประโยชน์ในการพัฒนาพันธุ์และผลิตสุกรขุนสำหรับเกษตรกร เช่น สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ซึ่งพัฒนาเพื่อใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้าย (Terminal boar) จากการรวมพันธุกรรมที่เป็นข้อเด่นของสุกรพันธุ์ดีสองพันธุ์ คือสุกรพันธุ์ดูร็อคที่มีพันธุกรรมที่โตเร็ว และสุกร

พันธุ์เปียแตรงที่มีพันธุกรรมเด่นในด้านปริมาณเนื้อแดง โดยมีสัดส่วนพันธุกรรมของสุกรพันธุ์ดูร็อค ร้อยละ 62.5 และสุกรพันธุ์เปียแตรงร้อยละ 37.5 ทำให้สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 เป็นสุกรสายพ่อพันธุ์สุดท้ายที่โตเร็ว ให้ปริมาณเนื้อแดงมาก เหมาะที่จะนำไปใช้ผสมกับแม่สุกรลูกผสมสองสายพันธุ์เพื่อผลิตสุกรขุน เพื่อได้สุกรขุนที่โตเร็ว ให้เนื้อแดงมาก แข็งแรง เลี้ยงง่าย (Chaweewan et al., 2012)

โดยในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการจัดการด้านอาหารสัตว์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและส่งเสริมการเลี้ยงสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ของกรมปศุสัตว์ จึงได้ศึกษาผลของการเสริมแอล-คาร์นิทีนในอาหารพ่อพันธุ์สุกร (สุกรพันธุ์ปากช่อง 5) เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดแอล-คาร์นิทีนในอาหารสัตว์สำหรับพ่อพันธุ์สุกร และให้การใช้อาหารสัตว์มีประสิทธิภาพสูงสุด และส่งเสริมการเลี้ยงการกระจายพันธุ์สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ไปสู่เกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สัตว์ทดลองและอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

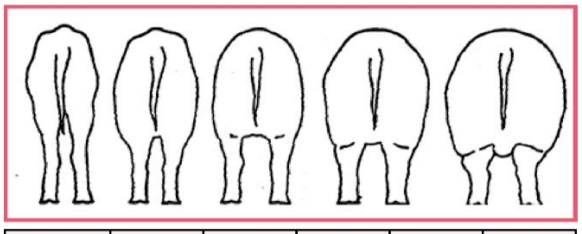
<u>สัตว์ทดลอง</u>

พ่อสุกรสายพันธุ์ปากช่อง 5 จำนวน 14 ตัว ช่วงอายุระหว่าง 1-3 ปี เลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ระบบให้น้ำอัตโนมัติ ภายในโรงเรือนระบบเปิดของศูนย์วิจัยและพัฒนาสุกร อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา แบ่งสุกรออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 7 ตัว และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 7 ตัว

กลุ่มที่ 1 : กลุ่มควบคุม อาหารสัตว์สูตรปกติ

กลุ่มที่ 2 : กลุ่มทดลอง อาหารสัตว์ผสมแอล-คาร์นิทีน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (หรือ 500 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน)

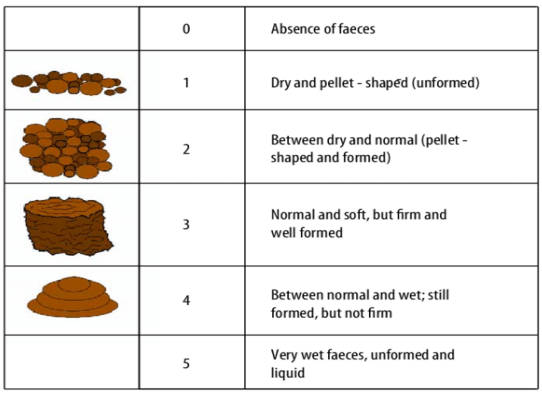
จดบันทึกคะแนนร่างกาย (Body condition score; BCS) ก่อนเริ่มต้นและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตามรูปที่ 1) จดบันทึกปริมาณอาหารในราง (กรณีที่เหลือ) ลักษณะของมูล (Fecal score) (ตามรูปที่ 2) และอาการอื่นๆ เช่น ไอ หอบ อุณหภูมิร่างกาย (กรณีมีไข้)



Body Score	1	2	3	4	5

Score	Condition	Body Shape
1	Emaciated hip	Backbone prominent to the eye
2	Thin hips	Backbone easily felt without applying palm pressure
3	Ideal hips	Backbone felt only with firm palm pressure
4	Fat hips	Backbone cannot be felt
5	Over fat hips	Backbone heavily covered

รูปที่ 1 การให้คะแนนร่างกายของสุกร
(Body condition score; BCS)
ที่มา: https://porkgateway.org/resource



	0	Absence of faeces
	1	Dry and pellet - shaped (unformed)
	2	Between dry and normal (pellet - shaped and formed)
	3	Normal and soft, but firm and well formed
	4	Between normal and wet; still formed, but not firm
	5	Very wet faeces, unformed and liquid

รูปที่ 2 การให้คะแนนลักษณะของมูลสุกร
(Fecal score of pig)
ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/

<u>อาหารสัตว์</u>

อาหารสูตรสุกรพ่อพันธุ์ มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 เป็นอาหารผสมแบบผง (ผสมโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาสุกร) กลุ่มทดลองเสริมแอล-คาร์นิทีนในอาหารสัตว์ปริมาณ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกลุ่มควบคุมให้อาหารพ่อพันธุ์สูตรปกติ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยให้อาหารสุกรพ่อพันธุ์ 2.5 กิโลกรัมต่อวัน วันละ 1 มื้อ

สูตรอาหารสุกรพ่อพันธุ์ : (อาหารสัตว์ 100 กิโลกรัม)

ปลายข้าว	50.00 กิโลกรัม
รำละเอียด	29.00 กิโลกรัม
กากถั่วเหลือง	14.00 กิโลกรัม
ปลาป่น	4.00 กิโลกรัม
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	2.00 กิโลกรัม
เกลือป่น	0.50 กิโลกรัม
วิตามินและแร่ธาตุ	0.50 กิโลกรัม

2. การรีดน้ำเชื้อ

การรีดเก็บน้ำเชื้อพ่อพันธุ์สุกรใช้วิธีบีบนวดปลายอวัยวะสืบพันธุ์ของพ่อสุกรพันธุ์ (Glove hand method) ทำการรีดเก็บทุกส่วนของน้ำเชื้อ (Total semen) ช่วงเวลาในการรีดประมาณ 07.00 – 08.00 น. ความถี่การรีดน้ำเชื้อ 1 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และมีการรีดน้ำเชื้อเพื่อประเมินคุณภาพก่อนเริ่มต้นการทดลอง

3. การตรวจคุณภาพน้ำเชื้อ

นำน้ำเชื้อที่รีดได้มาตรวจสอบคุณภาพน้ำเชื้อสด ได้แก่ สี ปริมาตร ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของอสุจิในน้ำเชื้อ (Concentration) การเคลื่อนที่ของอสุจิ (Motility) อัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็น (Dead/Alive spermatozoa) และตรวจสอบความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิ (Abnormal morphology)

รายการตรวจวิเคราะห์	**วิธีการตรวจวิเคราะห์**	**ข้อมูลการตรวจ**
สี	มองด้วยตาเปล่า	ระดับความขุ่น (0 – 3)
ปริมาตร	ชั่งน้ำหนัก	มิลลิลิตร
ความเป็นกรด-ด่าง	pH meter	0 – 14
ความเข้มข้นของอสุจิ	Hemocytometer, Photometer	ล้านตัวต่อมิลลิลิตร
การเคลื่อนที่ของอสุจิ	กล้องจุลทรรศน์	ระดับคะแนน (1 - 5)
อัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็น	ย้อมสีและดูด้วยกล้องจุลทรรศน์	ร้อยละ
ความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิ	ย้อมสีและดูด้วยกล้องจุลทรรศน์	ร้อยละ (Head, midpiece, tail)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษาระหว่างกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง) ด้วย Independent t-test และวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างก่อน-หลังการทดลองภายในกลุ่มที่ 1 และ 2 ด้วย Paired-samples t-test โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 21 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา

คะแนนร่างกายและลักษณะของมูล

ค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายและลักษณะของมูลของพ่อพันธุ์สุกรก่อนเริ่มการทดลองของทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อครบระยะเวลาการทดลอง 4 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายของกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง) อยู่ที่ 4.14±0.900 และ 3.29±0.488 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่าเฉลี่ยลักษณะของมูลของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อยู่ที่ 3.29±0.756 และ 3.14±0.665 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1) และสัตว์ทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ไม่พบอาการป่วยและไม่มีการให้ยาหรือสารอื่นๆ ระหว่างการทดลอง

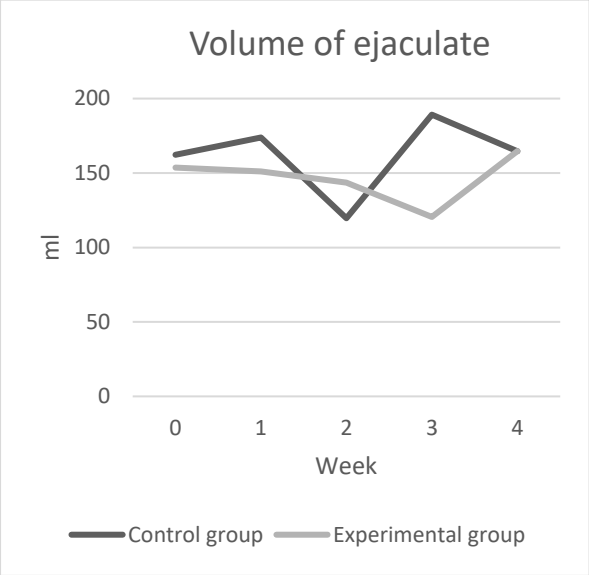
ตารางที่ 1 ข้อมูลด้านสุขภาพและคุณภาพน้ำเชื้อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง) หลังการทดลอง (สัปดาห์ที่ 4)

รายการตรวจ	กลุ่มที่ 1		กลุ่มที่ 2		p-value
	Mean	SD	Mean	SD	
BCS	4.14	0.900	3.29	0.488	0.053
Fecal score	3.29	0.756	3.14	0.378	0.665
Color	2.00	0.000	1.71	0.756	0.356
Volume (ml)	164.63	67.388	164.75	97.388	0.998
pH	7.48	0.131	7.52	0.213	0.688
$Concentration_{photo}$ (x 10^6/ml)	472.71	255.219	310.86	154.772	0.182
$Concentration_{hema}$ (x 10^6/ml)	386.67	184.029	391.43	225.937	0.967
Motility	4.57	0.535	4.57	0.535	1.000
Dead/Alive spermatozoa	9.86	3.281	6.97	1.439	0.064
Abnormal morphology	15.98	3.748	15.24	6.150	0.790

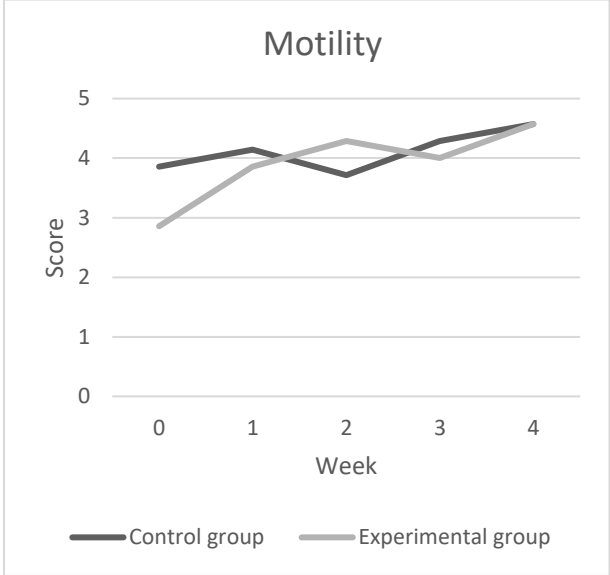
หมายเหตุ: BCS=Body condition score, Concentration=spermatozoa/ml

คุณภาพน้ำเชื้อ

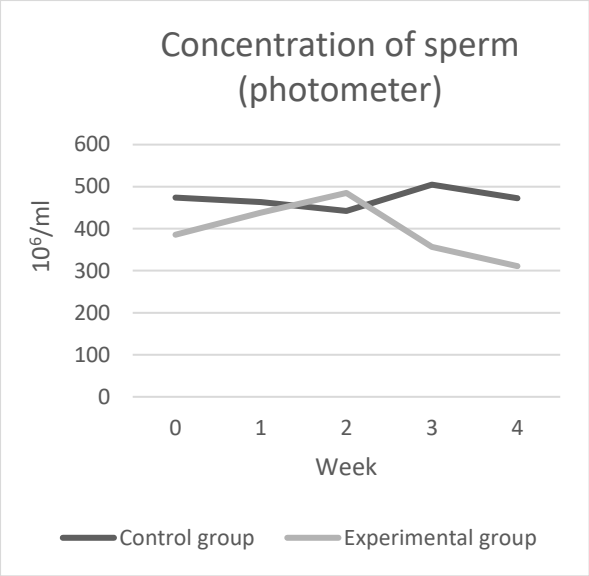
คุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกร ได้แก่ สี ปริมาตร ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของอสุจิในน้ำเชื้อ (Concentration) การเคลื่อนที่ของอสุจิ (Motility) อัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็น (Dead/Alive spermatozoa) และความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิ (Abnormal morphology) ก่อนเริ่มการทดลองของทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อครบระยะเวลาการทดลอง 4 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยสีน้ำเชื้อของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อยู่ที่ 2.00±0.000 และ 1.71±0.756 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาตรน้ำเชื้อของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อยู่ที่ 164.63±67.388 และ 164.75±97.388 มิลลิลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อยู่ที่ 7.48±0.131 และ 7.52±0.213 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของอสุจิในน้ำเชื้อ (ตรวจด้วยวิธี Photometer) ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อยู่ที่ 472.71±255.219 และ 310.86±154.772 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของอสุจิในน้ำเชื้อ (ตรวจด้วยวิธี Hemocytometer) ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อยู่ที่ 386.67±184.029 และ 391.43±225.937 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของอสุจิของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อยู่ที่ 4.57±0.535 และ 4.57±0.535 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็นของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อยู่ที่ร้อยละ 9.86±3.281 และ 6.97±1.439 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อยู่ที่ร้อยละ 15.98±3.748 และ 15.24±0.790 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1, รูปที่ 3 - 8)



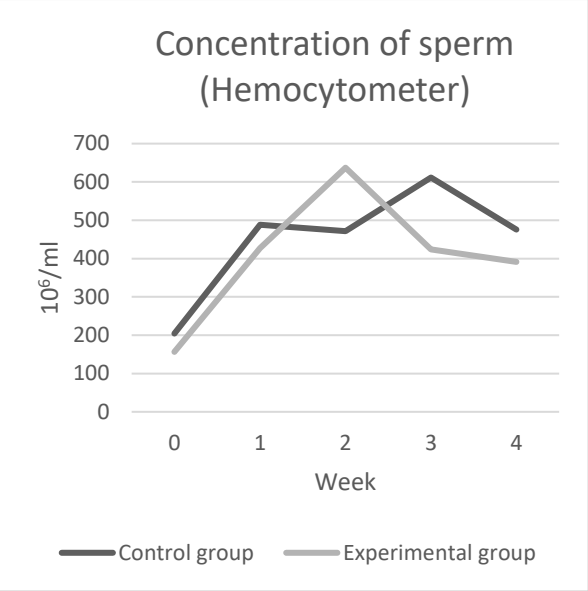
รูปที่ 3 แผนภูมิแสดงข้อมูลปริมาตรของน้ำเชื้อ



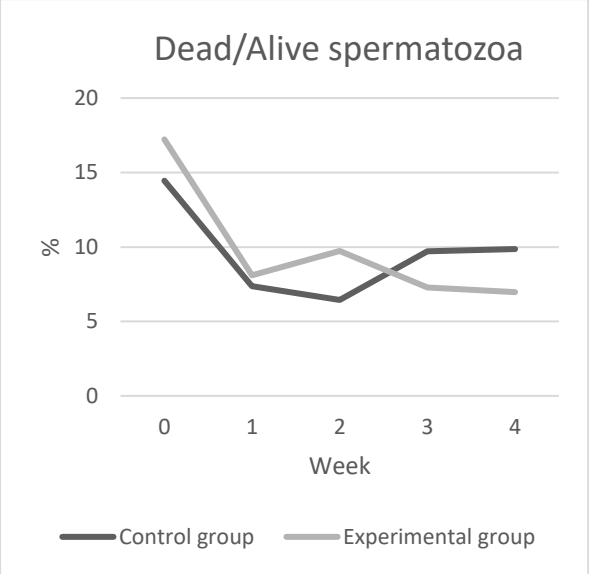
รูปที่ 4 แผนภูมิแสดงข้อมูลการเคลื่อนที่ของอสุจิ



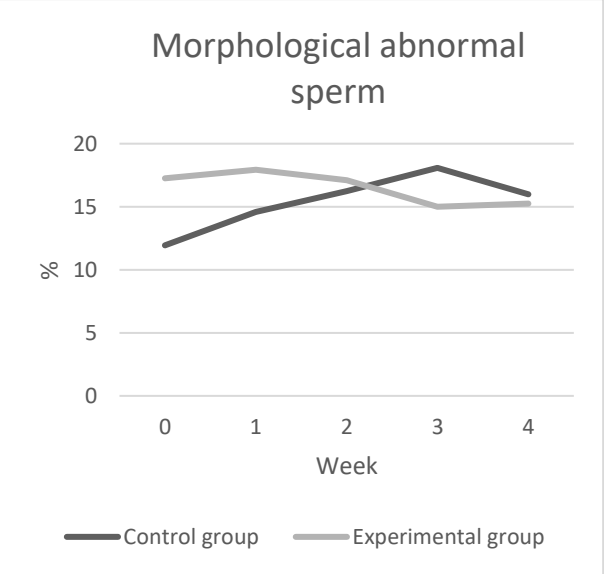
รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงข้อมูลความเข้มข้นของอสุจิด้วยวิธี Photometer



รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงข้อมูลความเข้มข้นของอสุจิด้วยวิธี Hemocytometer



รูปที่ 7 แผนภูมิแสดงร้อยละการตายของตัวอสุจิ



รูปที่ 8 แผนภูมิแสดงร้อยละความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิ

เปรียบเทียบคะแนนร่างกาย ลักษณะของมูล และคุณภาพน้ำเชื้อภายในกลุ่มที่ 1 และ 2 (ก่อน-หลังการทดลอง 4 สัปดาห์)

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนร่างกาย ลักษณะของมูล และคุณภาพน้ำเชื้อระหว่างก่อน-หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ภายในกลุ่มที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายและลักษณะของมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับคุณภาพของน้ำเชื้อ ได้แก่ สี ปริมาตร ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของอสุจิ การเคลื่อนที่ของอสุจิ และอัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าเฉลี่ยอัตราความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิก่อนและหลังการทดลองอยู่ที่ 11.94 ±

4.144 และ 15.98 ± 3.748 ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายและลักษณะของมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับคุณภาพของน้ำเชื้อ ได้แก่ สี ปริมาตร ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของอสุจิ และความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของอสุจิก่อนและหลังการทดลองอยู่ที่ 2.86 ± 1.069 และ 4.57 ± 0.535 ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็นก่อนและหลังการทดลองอยู่ที่ร้อยละ 17.22 ± 6.973 และ 6.97 ± 1.439 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ข้อมูลด้านสุขภาพและคุณภาพน้ำเชื้อเปรียบเทียบภายในกลุ่มที่ 1 และ 2 (ก่อน-หลังการทดลอง 4 สัปดาห์)

รายการตรวจ	สัปดาห์ที่ 0		สัปดาห์ที่ 4		p-value
	Mean	SD	Mean	SD	
กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)					
BCS	3.85	0.852	4.14	0.900	0.103
Fecal score	2.86	0.690	3.29	0.756	0.200
Color	2.00	0.000	2.00	0.000	1.000
Volume (ml)	162.22	47.503	164.63	67.388	0.935
pH	7.54	0.207	7.48	0.131	0.669
$Concentration_{photo}$ (x 10^6/ml)	473.86	162.889	472.71	255.219	0.989
$Concentration_{hema}$ (x 10^6/ml)	472.71	255.219	386.67	184.029	0.081
Motility	3.86	0.890	4.57	0.535	0.078
Dead/Alive spermatozoa	14.45	6.060	9.86	3.281	0.159
Abnormal morphology	11.94	4.144	15.98	3.748	0.010
กลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง)					
BCS	3.29	0.756	3.29	0.488	1.000
Fecal score	3.00	0.577	3.14	0.378	0.356
Color	1.86	0.378	1.71	0.756	0.689
Volume (ml)	153.58	77.003	164.75	97.388	0.789
pH	7.53	0.221	7.59	0.324	0.436
$Concentration_{photo}$ (x 10^6/ml)	385.43	189.987	310.86	154.772	0.266
$Concentration_{hema}$ (x 10^6/ml)	273.75	147.217	512.50	198.053	0.106
Motility	2.86	1.069	4.57	0.535	0.003
Dead/Alive spermatozoa	17.22	6.973	6.97	1.439	0.010
Abnormal morphology	17.26	5.473	15.24	6.150	0.066

หมายเหตุ: BCS=Body condition score, Concentration=spermatozoa/ml

วิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายของพ่อพันธุ์สุกรของกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ มีแนวโน้มคะแนนร่างกายเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง) ที่มีการเสริมแอล-คาร์นิทีนในอาหารสัตว์ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (หรือ 500 มิลลิกรัมต่อวันต่อตัว) ทั้งที่ได้รับปริมาณอาหารเท่ากัน โดยมีค่า p-value อยู่ที่ 0.053 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การที่มีแนวโน้มของคะแนนร่างกายแตกต่างกันอาจเป็นผลมาจากแอล-คาร์นิทีนที่ผสมในอาหารสัตว์เพราะแอล-คาร์นิทีนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึมของไขมัน โดยเปลี่ยนไขมันให้เป็นพลังงาน ซึ่งพลังงานที่ได้ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในกลไกต่างๆ ของร่างกาย ส่งผลทำให้ในกลุ่มที่ 2 มีการสะสมของไขมันน้อยกว่ากลุ่มที่ 1 คะแนนร่างกายจึงน้อยกว่า หรือดูจากปริมาณความหนาของไขมันสันหลัง เพราะในสุกรพ่อพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ประสิทธิภาพการผลิต (Growth performance) อาจพบความแตกต่างได้ไม่ชัดเจน โดยมีการศึกษาการเสริมแอล-คาร์นิทีนในสุกรขุนพบว่าแอล-คาร์นิทีนมีผลช่วยลดความหนาไขมันสันหลัง ปริมาณของเนื้อแดงเพิ่มขึ้น และคุณภาพซากดีขึ้น (กฤษ และกิตติ, 2564; สมโชค, 2544) โดยไม่พบสารตกค้างและปลอดภัยต่อสัตว์ สำหรับในลูกสุกรหย่านมพบว่ามีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักหย่านมเพิ่มขึ้น และอัตราการรอดชีวิตหลังหย่านมเพิ่มขึ้น (Owen et al., 1996) สำหรับลักษณะของมูลสุกรจากสุกรทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ก่อนและหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแอล-คาร์นิทีนไม่ส่งผลเสียต่อกระบวนการย่อยอาหารของสุกร มูลสุกรพ่อพันธุ์มีลักษณะปกติและไม่มีกระทบในทางลบต่อสุขภาพสัตว์โดยรวม

สำหรับผลการศึกษาคุณภาพของน้ำเชื้อระหว่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 พบว่า สี ปริมาตร ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของอสุจิในน้ำเชื้อ การเคลื่อนที่ของอสุจิ อัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็น และความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการศึกษาของ Kozink et al. (2004) ที่ไม่พบความแตกต่างในคุณภาพน้ำเชื้อ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลด้านสุขภาพและคุณภาพน้ำเชื้อก่อนและหลังการทดลอง 4 สัปดาห์ ภายในกลุ่มที่ 1 และ 2 พบว่า ภายในกลุ่มที่ 1 ค่าเฉลี่ยอัตราความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งอาจเกิดจากความเครียด (Stress) ส่งผลทำให้คุณภาพน้ำเชื้อต่ำลง สำหรับกลุ่มที่ 2 ที่เสริม แอล-คาร์นิทีน พบว่าค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของอสุจิมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) การเคลื่อนที่ของอสุจิที่เพิ่มขึ้นนั้นสอดคล้องตามการศึกษาของ Pruneda et al. (2008) เนื่องจากแอล-คาร์นิทีนช่วยในการขนส่งพลังงานทำให้อสุจิได้รับพลังงานและเคลื่อนที่ได้ดี นอกจากนี้ยังเพิ่มความเข้มข้นของแอล-คาร์นิทีนที่ Epididymis และ Spermatozoa ซึ่งแอล-คาร์นิทีนมีความสำคัญในการเป็นแหล่ง acyl group ในกระบวนการสร้างพลังงานสำหรับการเคลื่อนที่ของอสุจิ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณของแอล-คาร์นิทีนในอาหารสัตว์ทำให้เพิ่มปริมาณแอล-คาร์นิทีนในน้ำเชื้อและช่วยเพิ่มพลังงานในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ ดังที่มีรายงานการเสริมแอล-คาร์นิทีนในน้ำยาเจือจางน้ำเชื้อในกระบวนการผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งสุกรพบว่าเพิ่มการเคลื่อนที่ของอสุจิหลังจากที่มีการเก็บไว้ 7 วัน (พัชรา และคณะ, 2559) และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็นมีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Jacyno et al. (2007) ที่พบว่าแอล-คาร์นิทีนมีอิทธิพลต่อการอัตราการรอดชีวิตของตัวอสุจิ (Sperm survivability) โดยมีผลที่ส่วนของ Epididymis มากกว่ากระบวนสร้างตัวอสุจิ (Spermatogenesis) จึงทำให้มีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของตัวอสุจิมากกว่าความเข้มข้นของตัวอสุจิ นอกจากนี้แอล-คาร์นิทีนยังช่วยลดการเกิด Oxidative stress ที่มีผลต่อการสูญเสียความแข็งแรงของตัวอสุจิ (Horky et al., 2015) และในหลายการศึกษาพบว่าแอล-คาร์นิทีนมีผลต่อคุณภาพน้ำเชื้อทั้งปริมาตร ความเข้มข้นของอสุจิในน้ำเชื้อ ความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิ ความเปราะของตัวอสุจิ (Osmotic resistance of spermatozoa) และ AspAT activity ใน seminal plasma (Čeřovský et al., 2009; Yeste et al., 2010; Pribilova et al., 2018)

นอกจากนี้สภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ช่วงแสงในแต่ละฤดูกาลมีผลต่อกระบวนการผลิตน้ำเชื้อและคุณภาพน้ำเชื้อ เช่น อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมที่สูงขึ้นทำให้เกิด Oxidative stress ส่งผลให้คุณภาพน้ำเชื้อลดลงและจะส่งผลต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 – 8 สัปดาห์ (Hansen, 2009) ในฤดูใบไม้ร่วงที่มีช่วงแสงในแต่ละวันน้อยมีผลต่อการเพิ่มปริมาตรและความเข้มข้นของตัวอสุจิในน้ำเชื้อ (Sancho et al., 2004; Wolf and Smital, 2009) และในช่วงฤดูใบไม้ผลิคุณภาพน้ำเชื้อจะต่ำลง (Trudeau and Sanford, 1986) ซึ่งพบว่ามีการเสริมแอล-คาร์นิทีนในมนุษย์ที่มีปัญหา Asthenozoospermic (Vitali et al., 1995) โดยในประเทศไทยช่วงของอุณหภูมิในแต่ละวันมีความแตกต่างกันมาก ดังนั้นการเลี้ยงในระบบเปิดที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ดีก็จะส่งผลต่อคุณภาพน้ำเชื้อ การเสริมแอล-คาร์นิทีนจะสามารถลดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำเชื้อได้

สายพันธุ์ของสุกรที่แตกต่างกันมีผลตอบสนองต่อแอลขคาร์นิทีนแตกต่างกัน ตามการศึกษาของ Yeste et al. (2010) พบว่า พ่อสุกรพันธุ์เปียแตรงที่มีการเสริมแอล-คาร์นิทีนมีคุณภาพน้ำเชื้อดีกว่าพ่อสุกรพันธุ์ดูร็อคและลาร์จไวท์ แต่ระหว่างพ่อสุกรพันธุ์ดูร็อคและลาร์ทไวท์ไม่แตกต่างกัน และเมื่อเกิดมีการเปลี่ยนแปลงของสถาพแวดล้อมพ่อสุกรพันธุ์เปียแตรงสามารถปรับตัวและคุณภาพน้ำเชื้อกลับมามีคุณภาพดีได้เร็วกว่าพ่อสุกรพันธุ์ดูร็อคและลาร์จไวท์

จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบผลของแอล-คาร์นิทีนในอาหารสัตว์สำหรับพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (หรือ 500 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน) ซึ่งแอล-คาร์นิทีนมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพน้ำเชื้อของสุกร และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดปริมาณการใช้แอล-คาร์นิทีนในอาหารพ่อสุกรพันธุ์ให้มีระดับที่เหมาะสมเพื่อให้การใช้อาหารสัตว์มีประสิทธิภาพสูงสุด มีคะแนนร่างกายที่เหมาะสม สุขภาพแข็งแรง และคุณภาพน้ำเชื้อที่ดีขึ้น

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการเสริมแอล-คาร์นิทีนในอาหารสัตว์สำหรับพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (หรือ 500 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน) พบว่ามีผลต่อคะแนนร่างกาย โดยหลังการทดลองกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลเสียสำหรับพ่อพันธุ์สุกรอยู่ที่ 4.14±0.900 และมากกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนร่างกายกลุ่มที่ 2 (กลุ่มทดลอง) ที่ 3.29±0.488 สำหรับลักษณะมูล ไม่พบความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สัตว์ทดลองไม่พบปัญหาด้านสุขภาพ ผลต่อคุณภาพน้ำเชื้อระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มที่ 1 และ 2 (ก่อน-หลังการทดลอง 4 สัปดาห์) พบว่าภายในกลุ่มที่ 1 มีความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับกลุ่มที่ 2 พบว่าการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิเพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และอัตราส่วนตัวตาย/ตัวเป็นลดลงและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาการเสริมแอล-คาร์นิทีนในอาหารสัตว์สำหรับพ่อพันธุ์สุกรโดยเพิ่มระยะเวลาในการทดลอง ตลอดจนวิธีการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อบ่งชี้ถึงผลตอบสนองต่อการได้รับแอล-คาร์นิทีนให้ชัดเจน เช่น น้ำหนักตัวสุกร ความหนาของไขมันสันหลัง ปริมาณของแอล-คาร์นิทีนในมูล การตรวจสอบคุณภาพน้ำเชื้อในเชิงลึกด้วยเครื่องวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชื้อ (CASA) การตรวจปริมาณของแอล-คาร์นิทีนในน้ำเชื้อ นอกจากนี้ควรทำการศึกษาในสุกรพันธุ์อื่น เช่น ดูร็อค ลาร์จไวท์ หรือทดลองในสุกรช่วงระยะอื่นๆ เช่น ในสุกรขุนเพื่อศึกษาผลต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ ในลูกสุกรเพื่อดูผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (Growth performance) ในแม่พันธุ์สุกรเพื่อดูผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังคลอด จำนวนลูกสุกร และน้ำหนักลูกสุกรหย่านม ตลอดจนการเตรียมพ่อพันธุ์สุกรทดแทนซึ่งการเสริมในระยะยาวอาจส่งผลให้ได้พ่อพันธุ์สุกรที่มีสมรรถภาพการสืบพันธุ์ และน้ำเชื้อคุณภาพสูง ซึ่งจะทำให้ได้ประโยชน์จากการศึกษาวิจัยมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ น.สพ.รักไทย งามภักดิ์ ผู้อำนวยการกองควบคุมอาหารและยาสัตว์ ที่ให้การสนับสนุนในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ น.สพ.สมชาย วงศ์สมุทร ผู้เชี่ยวชาญด้านตรวจสอบคุณภาพน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ สพ.ญ.ธนิดา หรินทรานนท์ ผู้เชี่ยวชาญด้านมาตรฐานการปศุสัตว์ระหว่างประเทศ สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ น.สพ.ศศิ เจริญพจน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านพัฒนาระบบและรับรองคุณภาพวัตถุอันตรายด้านการปศุสัตว์ สพ.ญ.จุฬาพร ศรีหนา หัวหน้ากลุ่มยาสัตว์และการจัดการเชื้อดื้อยา กองควบคุมอาหารและยาสัตว์ นายกมล ฉวีวรรณ นักวิชาการสัตวบาลชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยและพัฒนาสุกร ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะทางวิชาการสำหรับการวิจัย และคณะกรรมการวิชาการกองควบคุมอาหารและยาสัตว์ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าสำหรับ การเขียนงานวิจัยจนทำให้ผลงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดวัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ ปริมาณการใช้ และเงื่อนไขในการห้ามผลิต นำเข้า หรือขายอาหารสัตว์ พ.ศ. 2559 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เลม 133 ตอนพิเศษ 306ง ลงวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2559.

กฤษ อังคนาพร และกิตติ ทรัพย์ชูกุล. 2564. โครงการพัฒนานวัตกรรมสารเสริมในอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อสุกรไทย. 8(3):3-10.

พัชรา ธนานุรักษ์, ชมัยพร สิทธิเกษมกิจ, แสนน้ำผึ้ง สมท้าว, นลินี ทับทิมทอง และเทวินทร์ วงษ์พระลับ. 2559. การเสริมแอล-คาร์นิทีน ในน้ำยาเจือจางชนิดเก็บรักษาระยะสั้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำเชื้อสุกรที่เก็บรักษาด้วยวิธีแช่เย็น. แก่นเกษตร 44(ฉบับพิเศษ 1):25-30.

สมโชค สมัครประโคน. 2544. ผลของการเสริมธาตุโครเมียม แมงกานีส และแอล-คาร์นิทีนต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกรระยะขุน, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Baumgartner, M. 1998. Boars react positively to L-carnitine supplements. International Pig Topics 13:32.

Čeřovský, J., S. Frydrychová, A. Lustyková, J. Lipenský and M. Rozkot. 2009. Semen characteristics of boars receiving control diet and control diet supplemented with L-carnitine. Czech Journal of Animal Science 54

Chaweewan, K., S. Nakavisut, V. Jumparat and V. Srisuriya. 2012. Genetic Parameters of Selection for Economic Traits Over Five Generationsof Pakchong 5 Swine. pp. 1347-1351. In: Proceedings of the 15th AAAP Animal Science Congress 26-30 November 2012, Thammasat University, Rangsit Campus, Bangkok.

Ciereszko, A., J. S. Ottobre and J. Glogowski. 2000. Effects of season and breed on sperm acrosin activity and semen quality of boars. Anim Reproduction Science 64(1-2):89-96.

Gibb, Z., S. R. Lambourne, J. Quadrelli, N. D. Smith and R. J. Aitken. 2015. L-carnitine and pyruvate are prosurvival factors during the storage of stallion spermatozoa at room temperature. Biology of reproduction 93(4):104.

Hansen, P. J. 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences 364(1534):3341-3350.

Horky, P., K. Tmejova, R. Kensova, N. Cernei, J. Kudr, B. Ruttkay-Nedecky, E. Sapáková, V. Adam and R. Kizek. 2015. Effect of heat stress on the antioxidant activity of boar ejaculate

revealed by spectroscopic and electrochemical methods. International Journal of Electrochemical Science 10:6610-6626.

Jacyno, E., A. Kołodziej, M. Kamyczek, M. Kawęcka, K. Dziadek and A. Pietruszka. 2007. Effect of L-Carnitine Supplementation on Boar Semen Quality. Acta Veterinaria Brno - ACTA VET BRNO 76:595-600.

Kozink, D. M., M. J. Estienne, A. F. Harper and J. W. Knight. 2004. Effects of dietary L-carnitine supplementation on semen characteristics in boars. Theriogenology 61(7-8):1247-1258.

Mongioi, L., A. E. Calogero, E. Vicari, R. A. Condorelli, G. I. Russo, S. Privitera, G. Morgia and S. La Vignera. 2016. The role of carnitine in male infertility. Andrology 4(5):800-807.

Neuman, S. L., T. L. Lin and P. Y. Heste. 2002. The effect of dietary carnitine on semen traits of white Leghorn roosters. Poultry science 81(4):495-503.

Owen, K. Q., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, T. L. Weeden and S. A. Blum. 1996. Effect of L-carnitine and soybean oil on growth performance and body composition of early-weaned pigs. Journal of Animal Science 74(7):1612-1619.

Pribilova, M., P. Horky, L. Urbánková, P. Nevrkla and J. Skládanka. 2018. Influence of L-Carnitine Daily Supplement on Qualitative and Quantitative Ejaculate Indicators in Boars During the Summer Period. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis 66:1199-1206.

Pruneda, A., E. Pinart, M. D. Briz, S. Sancho, E. Bussalleu, M. Yeste, I. Casas, A. Fàbrega, X. Barrera, G. Mas and S. Bonet. 2008. Effect of l-carnitine administration on the seminal characteristics of Pietrain boars. Theriogenology 70(8):1387.

Sancho, S., E. Pinart, M. Briz, N. Garcia-Gil, E. Badia, J. Bassols, E. Kádár, A. Pruneda, E. Bussalleu, M. Yeste, M. G. Coll and S. Bonet. 2004. Semen quality of postpubertal boars during increasing and decreasing natural photoperiods. Theriogenology 62(7):1271-1282.

Trudeau, V. and L. M. Sanford. 1986. Effect of season and social environment on testis size and semen quality of the adult Landrace boar. J Anim Sci 63(4):1211-1219.

Vitali, G., R. Parente and C. Melotti. 1995. Carnitine supplementation in human idiopathic asthenospermia: clinical results. Drugs under experimental and clinical research 21(4):157-159.

Wolf, J. and J. Smital. 2009. Quantification of factors affecting semen traits in artificial insemination boars from animal model analyses. J Anim Sci 87(5):1620-1627.

Yang, K., N. Wang, H. T. Guo, J. R. Wang, H. H. Sun, L. Z. Sun, S. L. Yue and J. B. Zhou. 2020. Effect of L-carnitine on sperm quality during liquid storage of boar semen. Asian-Australasian Journal of Animal Science 33(11):1763-1769.

Yeste, M., S. Sancho, M. Briz, E. Pinart, E. Bussalleu and S. Bonet. 2010. A diet supplemented with L-carnitine improves the sperm quality of Piétrain but not of Duroc and Large White boars when photoperiod and temperature increase. Theriogenology 73(5):577-586.