

ประสิทธิภาพการผลิต การตอบสนองต่อความเครียด และสถานะภูมิคุ้มกันของสุกรอนุบาล ที่ได้รับอาหารที่มี ส่วนผสมกากเมล็ดกัญชง

Productive Performance, Stress Response, and Immune Status of Nursery Pigs Fed a Diet Containing Hemp Seed Meal

วันดี ทาตรากูล^{1*}, อติศักดิ์ คงแก้ว¹, รุ่งทิวา ใจมาศรี¹, นิทัศน์ วิชาสิต¹, ณัฐปภัสร สุภัสสรอาภอกิน², และจักรพันธ์ สาตัม²
Wandee Tatrakoon^{1*}, Adisak Kongkeaw¹, Rungthiwa Jaimasri¹, Nithat Wichasit¹, Natthaphat Suphatsaraphokin², and Jakapan Satum²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้กากเมล็ดกัญชง (hemp seed meal; HSM) ในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิต การตอบสนองต่อความเครียด และสถานะภูมิคุ้มกันในสุกรอนุบาล ใช้สุกรเพศผู้ตอน [(Landrace × Large White) × Duroc] อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 40 ตัว น้ำหนักเริ่มต้น 5.48 ± 0.2 กก. แบ่งสุกรออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 10 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับอาหารพื้นฐานที่ไม่มี HSM (HSM0) และกลุ่มที่ได้รับอาหารผสม HSM ที่ระดับ 5, 10 และ 15 % ตามลำดับ (HSM5, HSM10, และ HSM15) HSM มีคุณค่าทางโภชนาได้แก่ ไขมัน โปรตีน เยื่อใย และไลซีน 7.95, 32.46, 12.94 และ 1.49% ตามลำดับ พลังงานรวม 3,594 กิโลแคลอรี/กก. ผลการใช้ HSM ในอาหารสุกรอนุบาลพบว่า ปริมาณการกินอาหารของสุกรกลุ่ม HSM10 เฉลี่ยต่อวันในสัปดาห์ที่ 1-2 ดีกว่าสุกรกลุ่ม HSM15 ($P < 0.05$) ทำให้น้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตตลอดการทดลอง มากกว่ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของสุกรไม่พบความแตกต่าง ($P > 0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง ผลด้านสภาวะความเครียดที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันพบได้จากระดับของเอนไซม์ในพลาสมาของสุกรกลุ่ม HSM15 มีค่าความเข้มข้นของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) ต่ำที่สุด และเอนไซม์ glutathione peroxidase (GPx) มากที่สุด ($P < 0.05$) สุกรกลุ่ม HSM5 มีระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลน้อยที่สุด ($P < 0.05$) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับสุกรกลุ่ม HSM10 นอกจากนี้ยังพบว่าสุกรกลุ่ม HSM10 มีความเข้มข้นของอิมมูโนโกลบูลินชนิด M (IgM) มากที่สุด ($P < 0.05$) ในขณะที่สุกรกลุ่ม HSM10 และ HSM15 พบความเข้มข้นของอิมมูโนโกลบูลินชนิด G (IgG) มากที่สุด ($P < 0.05$) สรุปได้ว่าระดับการใช้ HSM ที่ระดับ 10% ให้ผลดีที่สุดในการสุกรอนุบาล

คำสำคัญ: กากเมล็ดกัญชง สุกรอนุบาล การตอบสนองต่อความเครียด สถานะภูมิคุ้มกัน

Abstract

This study aimed to examine hemp seed meal (HSM) in the nursery pig diet for productive performance, stress response, and immune status. Forty castrated [(Landrace × Large White) × Duroc] pigs, 3 weeks of age with an initial body weight of 5.48 ± 0.2 kg. They were divided into one of four dietary treatments with 10 replicates per treatment, using a completely randomized design. The dietary treatments were the control group fed the basal diet without HSM (HSM0) and the groups fed diet contained 5, 10 and 15% HSM (HSM5, HSM10 and HSM15), respectively. The results found that HSM had significant nutritional value, including crude fat, crude protein, crude fiber, and lysine 7.95, 32.46, 12.94 and 1.49 %, respectively. In addition, it has gross energy of 3,594 kcal/kg. HSM use in the nursery pig diet showed that the average daily feed intake during weeks 1-2 of the pigs in the HSM10 group was better than the HSM15 ($p < 0.05$) group. Additionally, their bodyweight gain and average daily gain throughout the trial were greater than other groups ($P < 0.05$). There were no significant differences ($P > 0.05$) in the feed conversion ratio (FCR) between the experimental groups. The stress conditions caused by oxidative reactions were observed by the level of enzymes in the plasma of the pigs. The lowest concentration of superoxide dismutase (SOD) and the highest of glutathione peroxidase (GPx) ($P < 0.05$) were found in HSM15 group. The HSM5 group had the minimum cortisol hormone levels ($P < 0.05$), which were not

¹ สาขาวิชาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

² บริษัท เฟิร์สเทค จำกัด อ. ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150

¹ Division of Animal Science and Feed Technology Natural Resources and Environment, Naresuan University, Muang, Phitsanulok, 65000.

² Firstly Tech Company Ltd. Lam Luk Ka, Pathum Thani, 12150

* Corresponding author, E mail: wandee@nu.ac.th

statistically different from the HSM10 group. It was also found that the HSM10 group had the highest immunoglobulin M (IgM) concentration ($P < 0.05$), including the pig in groups HSM10 and HSM15 had the highest immunoglobulins G (IgG) concentrations ($P < 0.05$). In conclusion, the level of HSM use of 10% in the diet had the best result in nursery pigs.

Keywords: hemp seed cake, nursery pigs, stress response, immune status

คำนำ

ปัจจัยหรืออิทธิพลที่มีความเกี่ยวข้องกับความเครียดของสุกรหลังจากหย่านม เช่น ความเครียดจากการถูกพรากจากแม่ การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมใหม่ การต่อสู้เพื่อจัดลำดับทางสังคมหรือพฤติกรรมทางสังคมของสุกรเมื่อเข้าร่วมกลุ่มใหม่ และการเปลี่ยนแปลงโภชนาการ ซึ่งสาเหตุของความเครียดที่ได้กล่าวมานั้นล้วนเป็นที่มาของสภาวะชะงักการเจริญเติบโตหลังหย่านม หรือที่เรียกว่า ภาวะ set back ร่วมด้วยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาประสิทธิภาพต่อการย่อยและดูดซึมสารอาหารในระบบการย่อยอาหารของสุกรหย่านมใหม่ จึงมักพบว่าสุกรจะมีอาการท้องเสียหลังจากหย่านม (Post-weaning diarrhea; PWD) (Rhouma et al., 2017) ซึ่งมีความสำคัญต่อการเกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร สภาวะขาดน้ำ น้ำหนักสุกรลดลง อัตราตายสุกรจะเพิ่มขึ้น สำหรับการเกิด PWD มีความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการแม่สุกร และลูกสุกร รวมถึงการจัดการสภาพแวดล้อม การปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย และการจัดการทางปศุสัตว์ ส่งผลต่อการสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานและการเจริญเติบโตสุกรลดลง (Pluske et al., 1997; Rhouma et al., 2017) การติดตามความเครียดจึงควรเป็นปัจจัยสำคัญต่อการศึกษาสวัสดิภาพสัตว์ และมีบทบาทที่สำคัญในการเลี้ยงสัตว์ โดยความเครียดนั้นส่งผลต่อ อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต และพฤติกรรมของสัตว์ที่แตกต่างกันไป แต่ปัจจัยเหล่านี้ไม่เพียงพอในการประเมินขอบเขตที่แท้จริงของสถานะความเครียด เพราะยังมีปัจจัยจากเพศ อายุ สถานะสุขภาพ และสายพันธุ์ ดังนั้นการศึกษาในระดับการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาออกซิเดชัน และความเข้มข้นของระดับคอร์ติซอล จึงเป็นวิธีการหนึ่งในการศึกษาผลกระทบจากปัจจัยนั้นๆ โดยเฉพาะเมื่อสัตว์ถูกสร้างความเครียดในระยะเวลานาน ระดับของกลูโคคอร์ติคอยด์ (Glucocorticoids) จะกระตุ้นการสร้างกลูโคนีโอเจเนซิส (gluconeogenesis) รวมทั้งการสลายไขมัน และกระบวนการเมแทบอลิซึมอื่นๆ ซึ่งจะเป็นการบ่งชี้สถานะความเครียดของฮอร์โมนสามารถตรวจวัดได้จากเลือด มีส่วนในการสะท้อนถึงระดับความเครียดแบบเรียลไทม์ หรือ ในช่วงเวลานั้นๆ ได้ ถึงแม้จะมีความผันผวนจากปัจจัยการบังคับสัตว์เพื่อเจาะเลือด แต่การหลังสารสื่อความเครียดเข้าสู่กระแสเลือดนั้นมักใช้เวลาประมาณ 30 นาที (Giergiel et al., 2021) ด้วยปัจจัยความแปรปรวนของปัจจัยการจับบังคับสัตว์ การศึกษาระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนคอร์ติซอลจึงเป็นดัชนีชี้วัดที่ควรทำควบคู่ไปกับการศึกษาระดับการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาออกซิเดชันเพื่อสร้างความเชื่อมั่นของผลการศึกษาระดับฮอร์โมนความเครียด (Palme et al., 2012) ดังนั้นในอุตสาหกรรมการผลิตสุกรจึงพยายามหาสารเสริมจากธรรมชาติเพื่อลดความเครียด ซึ่งกัญชาเป็นพืชทางเลือกชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผ่อนคลายการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อที่เกิดอาการบาดเจ็บและอักเสบจากการบังคับสัตว์ มีประโยชน์ในการกระตุ้นการกินอาหาร ลดความเครียดในสภาวะต่างๆ (Silversides & lefrancois. 2005) สอดคล้องกับรายงานของ Kongkeaw et al. (2022) ที่ได้มีการประยุกต์ใช้รากกัญชาสกัดแปรรูปเสริมในอาหารสุกรรุ่น-ขุน ช่วยกระตุ้นการกินอาหาร สามารถปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และลดความเครียดจากการตรวจสอบระดับของฮอร์โมนคอร์ติซอลในเลือดของสุกรระยะขุนได้ และผลการใช้กากเมล็ดกัญชงหยาบ (crude hemp seed cake, CHSC) ที่ระดับการใช้ 2.5 - 5.0% ในอาหารของสุกรระยะเล็ก-รุ่นไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิต และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Jaimasri et al., 2022) เนื่องจากคุณสมบัติของเมล็ดกัญชงมีโปรตีนสูงและอุดมไปด้วยกรดไขมันโอเมก้า 3, 6, 9 แล้วยังประกอบด้วย แกมมาไลโนเลนิก แอซิด (gamma-linolenic acid, GLA) เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดลิโนเลนิก (linolenic acid) จัดเป็นกรดไขมันจำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สามารถนำไปใช้ในการสร้างกรดอีโคแซเพนตะอีนอิก (eicosapentaenoic acid, EPA) มีประโยชน์ช่วยในการลดระดับคอเลสเตอรอล (cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ในเลือด ซึ่งจะช่วยเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลชนิดดี (high-density lipoprotein cholesterol; HDL-C) เป็นชนิดไขมันที่มีความหนาแน่นในตัวเองซึ่งเป็นไขมันดีสำหรับหลอดเลือดแดง และกรดโดโคซะเฮกซะอีนอิก (docosahexaenoic acid, DHA) อีกทั้งยังมีกรดไขมันที่จำเป็นในกลุ่ม omega-3 ที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ โดยที่เมล็ดกัญชงที่ผ่านการสกัดเย็นจะได้ผลพลอยได้ในกระบวนการสกัดน้ำมันเป็นกากเมล็ดกัญชงหยาบมีน้ำมันกัญชงคงเหลือประมาณ 6-8% มีคุณสมบัติของใยอาหาร และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติทางยาในกลุ่มของสารแคนนาบินอยด์ (cannabinoid) สารออกฤทธิ์ดังกล่าวจัดเป็นอนุพันธ์ที่อยู่ในกลุ่มของ ไฟโตแคนนาบินอยด์ เทอร์ปีน เทอร์พีนอยด์ และฟลาโวนอยด์ โดยสารกลุ่มต่างๆ เหล่านี้ จะถูกจัดกลุ่มของสารออกฤทธิ์เป็น cannabidiol (CBD) และ tetrahydrocannabinol (THC) เพื่อกำหนดขอบเขตของการใช้ให้ถูกต้องตามกฎหมาย กัญชาจึงมี

ศักยภาพสามารถนำไปใช้ประกอบในสูตรอาหารสัตว์ได้ เช่น ในรูปแบบใยอาหารฟังก์ชัน (functional fiber) (Kongkeaw et al., 2022; Rocca & Salvo. 2020; Ryz et al., 2017) และเป็นวัตถุดิบอาหารในกลุ่มแหล่งพลังงานกึ่งโปรตีน อยู่ระหว่าง กากถั่วเหลือง และรำละเอียด ด้วยคุณสมบัติทางเคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การใช้เมล็ดกัญชงในอาหารของแม่สุกร 2% ก่อนคลอด 10 วัน และ 5% ในช่วง 21 วันเลี้ยงลูก จากการศึกษาของ Palade et al. (2019) พบว่าส่งผลดีต่อการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระในเลือดของแม่สุกร สอดคล้องกับ De Petrocellis et al. (2011) ได้สรุปฤทธิ์ของไฟโตแคนนาบินอยด์ และกรดไขมัน จะช่วยกระตุ้นการกระบวนการยับยั้งกระบวนการอักเสบ และเพิ่มการสร้างฮอร์โมน Prostaglandin (PG2 α) ในแม่สุกร ซึ่งผลจากข้างต้นนั้นสารชีวภาพของไฟโตแคนนาบินอยด์เข้าไปส่งเสริมกิจกรรมของระบบเอนโดแคนนาบินอยด์ (Endocannabinoid system; ECS) ได้มีการจำลองระบบนี้ในสัตว์ทดลองพบว่าสามารถ บรรเทาอาการปวด ด้านการอักเสบ สารต้านอนุมูลอิสระ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ปรับปรุงระดับความดันโลหิต และควบคุมการนอนหลับ (Rocca & Salvo. 2020) แต่เนื่องจากการศึกษาสารไฟโตแคนนาบินอยด์ต่อระดับภูมิคุ้มกันในสัตว์เศรษฐกิจยังมีน้อยมาก ดังนั้น งานทดลองนี้จึงมีการนำผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดกัญชงรูปแบบสกัดเย็น ผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพแยกเปลือกเมล็ด (hemp seed shell, HSC) แล้วนำส่วนของกากเมล็ดกัญชง (hemp seed meal, HSM) มาใช้ประกอบในสูตรอาหารสุกรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ศึกษาาระดับเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล และระดับภูมิคุ้มกันในสุกรอนุบาล

วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรอง จากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เกษตรเพื่องานวิทยาศาสตร์ ใบอนุญาตเลขที่ คกสก.0003/2565 ศึกษาจากเมล็ดกัญชงหยาบ (crude hemp seed meal; CHSC) จากกัญชงสายพันธุ์พื้นเมืองไทย (Thailand's native strains) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันกัญชงโดยกรรมวิธีสกัดเย็น นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร ยี่ห้อ We2perfect, China เพื่อเปลี่ยนแปลงเชิงกายภาพ โดยการบดรอบแรกใช้เวลา 1 นาที แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 3 มิลลิเมตร เพื่อแยกส่วน HSC ชนิดหยาบออก และนำส่วนที่ผ่านตะแกรงไปบดให้ละเอียดอีกครั้งใช้เวลา 1-2 นาที แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และป็นหเวียงสุญญากาศผ่านตะแกรงแยก 1 มิลลิเมตรครั้งสุดท้าย กระบวนการดังกล่าวสามารถแยกส่วนที่เป็น HSC ชนิดละเอียด และได้เป็น HSM ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่าเยื่อใยลดลงกว่า 6.16 ส่วนคาร์โบไฮเดรตลดลงกว่า 4.81 ส่วน และ พลังงานรวม (gross energy; GE) ลดลงกว่า 205 ส่วน สำหรับสัดส่วนของโปรตีนเพิ่มขึ้นกว่า 2.06 ส่วน อีกทั้งไฟโตนิวเทรียนท์ (phytonutrients) และประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant efficiency) มีค่าเพิ่มขึ้น (Table 1) พร้อมทั้งมีการตรวจสอบกรดไขมัน กรดอะมิโน และแร่ธาตุของ HSM (Table 2) และเก็บรักษาวัตถุดิบที่อุณหภูมิ 10 °C เพื่อควบคุมสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต และชะลอการเกิดกลิ่นหืน

Table 1 Comparison of chemical, phytonutrient composition and antioxidant efficiency in crude hemp seed cake and hemp seed meal.

Item	Units (%W/W)		
	Crude hemp seed cake (CHSC)	Hemp Seed Meal (HSM)	diff
Chemical composition¹			
Ash (%)	5.20	7.21	2.01
Carbohydrate (%)	49.87	45.06	-4.81
Crude Fiber (%)	18.17	12.01	-6.16
Crude Protein (%)	30.40	32.46	2.06
Crude Fat (%)	6.84	7.95	1.11
Moisture (%)	7.69	7.32	-0.37
Gross Energy (kcal/kg)	3,799	3,594	-205.00
Phytonutrient composition²			
Cannabidiolic acid (CBDA)	0.005	0.115	0.11
Cannabidiol (CBD)	0.005	0.037	0.03
Cannabinoid (CBN)	0.002	0.005	0.001

Item	Units (%W/W)		diff
	Crude hemp seed cake (CHSC)	Hemp Seed Meal (HSM)	
Tetrahydrocannabinolic acid (THCA)	0.001	0.011	0.01
Tetrahydrocannabinol (THC)	0.001	0.026	0.03
Antioxidant efficiency (mg GAE/g DW)³			
Total Phenolic Content (TPC)	14.92	32.31	17.39
Antioxidant potential capacity (APC)	10.97	21.28	10.31
DPPH reaction (ADA-DPPH) (%)	39.28	41.98	2.70

Note: ¹Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd

²Cannabis Extraction and Analysis Laboratory at Cannabis LAB Laboratory for Motional Cannabis Research, Faculty of Arts and Sciences, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus

³Animal Feed Physical Laboratory, Natural Resources and Environment, Naresuan University

Table 2 Fatty acid, amino acids and mineral composition of hemp seed meal used in the experiment.

Composition	Unit
Fatty acid composition	
Palmitic acid (C16:0)	1.03
Stearic acid (C18:0)	0.40
Arachidic acid (C20:0)	0.11
Behenic acid (C22:0)	0.05
Saturated fatty acid	1.61
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.01
Cis-9-Oleic acid (C18:1n9c)	1.50
Monounsaturated fatty acid	1.54
Cis9,12-Linoleic acid (C18:2n6)	5.30
Gamma-Linolenic acid (C118:3n6)	0.06
Alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	1.35
Cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.01
Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	0.03
Polyunsaturated fatty acid	6.77
Unsaturated fatty acid	8.31
Omega 3 (mg/100g)	1382.57
Omega 6 (mg/100g)	5372.41
Omega 9 (mg/100g)	1516.62
Amino acid profile (mg/100g)	
Alanine	1759.87
Arginine	4685.97
Aspartic acid	4057.87
Cystine	543.58
Glutamic acid	7153.83
Glycine	1711.70
Histidine	1211.90
Isoleucine	1507.60
Leucine	2651.77

Composition	Unit
Lysine	1494.46
Methionine	725.95
Phenylalanine	1861.59
Proline	1393.08
Serine	2102.04
Threonine	1436.67
Tryptophan	456.41
Tyrosine	1243.80
Valine	2010.61
Minerals (mg/kg)	
Calcium (Ca)	2968
Copper (Cu)	20.89
Iron (Fe)	56.96
Magnesium (Mg)	10,330
Phosphorus (P)	22,825
Potassium (K)	17,080
Selenium (Se)	0.78
Sodium (Na)	49.9
Zinc (Zn)	117

Note: ¹Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd

แผนการทดลองและอาหารทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ศึกษาการใช้ HSM ในอาหารสุกรหย่านมเพศผู้ตอน [(Landrace × Large White) × Duroc] จำนวน 40 ตัว อายุ 21- 63 วัน น้ำหนัก 5.48 ± 0.2 กิโลกรัม เลี้ยงสุกรในหน่วยวิจัยโภชนศาสตร์สุกรอนุบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในโรงเรือนระบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 28-30 องศาเซลเซียส สุ่มสุกรออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 10 ตัว ใช้ HSM ประกอบในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (HSM0, HSM5, HSM10 และ HSM15) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางสัดส่วนวัตถุดิบในสูตรอาหาร โดยการลดสัดส่วนของกากถั่วเหลือง และรำละเอียด เพื่อทดแทนด้วย HSM ในสูตรอาหาร (Table 3) ทั้งนี้สุกรทุกตัวได้รับอาหารที่มีปริมาณโภชนะไม่น้อยกว่าความต้องการ ของสุกรระยะอนุบาล (NRC, 2012) อาหารที่ใช้ในการศึกษาจะผลิตและใช้ทดลองภายใน 7 วันเท่านั้น โดยอาหารจะผ่านการผสมและอัดเม็ดที่ได้มาตรฐานจากหน่วยปฏิบัติการผลิตอาหารสัตว์ สถาบันวิจัยและฝึกอบรมปศุสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้อุณหภูมิในการอัดเม็ดในช่วง 70-75 °C ผ่านตะแกรงเพื่อคัดความชื้นออกจากอาหารอัดเม็ดด้วยอุณหภูมิ 100-105 °C เป็นระยะเวลา 1-2 นาที

การบันทึกข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

บันทึกข้อมูลน้ำหนักตัวสุกร และปริมาณอาหารที่กินเพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพการผลิต ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร บันทึกข้อมูลความรุนแรงอาการท้องเสีย โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ระดับ 0 อุจจาระแข็งปกติ ระดับ 1 อุจจาระกึ่งแข็งเป็นก้อน ระดับ 2 อุจจาระเป็นน้ำปนด้วยอุจจาระแข็ง และระดับ 3 อุจจาระเหลวเป็นน้ำ (Haruthai et al., 2018) ซึ่งคะแนนอุจจาระและอุบัติการณ์ท้องร่วงแต่ละกลุ่มจะถูกคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{คะแนนอุจจาระ (DI)} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนอาการท้องร่วง}}{\text{จำนวนวันทดลอง}}$$

$$DI (\%) = \frac{\text{จำนวนสุกรที่มีอาการท้องเสียของแต่ละกลุ่ม} \times \text{วันท้องเสีย} \times 100}{(\text{สุกรทั้งหมดในกลุ่ม} \times \text{จำนวนวันทดลอง})}$$

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 42 ของการทดลอง เก็บตัวอย่างเลือดสุกรทุกตัวในสภาวะสัตว์ไม่อดอาหาร โดยการเจาะเลือดบริเวณคอ (Jugular Veins) โดยใช้เข็มขนาด 18 x 1 (0.9 x 25 mm) ด้วยหลอดเจาะเลือดแบบสุญญากาศ วางไว้ในอุณหภูมิห้องเพื่อให้เลือดแข็งตัว และแยกชั้น (Clot) แบ่งเลือดส่วนที่แรก วิเคราะห์ลักษณะและปริมาณของเม็ดเลือดโดยนำมาตรวจบนแผ่นสไลด์และส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ หลังจากนั้นนำเลือดบางส่วนมาปั่นเพื่อหาความเข้มข้นของเม็ดเลือด แบ่งเลือดส่วนที่สอง ปั่นเอาเฉพาะเซรัม นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ Superoxide dismutase (SOD) และ Glutathione peroxidase (GPx) โดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป Superoxide Dismutase Activity Assay Kit , Glutathione Peroxidase Assay Kit ด้วยวิธี Colorimetric ที่ความยาวคลื่นแสง 340 และ 450 นาโนเมตร ตามลำดับ ด้วยเครื่อง Multi-mode Microplate Readers (Synergy H1 Biotex) วัดปริมาณฮอร์โมนคอร์ติซอลจากตัวอย่างเลือดโดยใช้ Accu Bind ELISA Microwell ด้วยวิธีของ Bushong et al. (2000) และ ด้วยเครื่อง micro plate enzyme immunoassay แบ่งเลือดส่วนที่สามปั่นเอาเฉพาะเซรัม นำไปตรวจหาปริมาณอิมมูโนโกลบูลิน (IgG IgA และ IgM) โดยใช้หลักการของ Immunonephelometric ด้วยเครื่อง Atellica ตามวิธีของ (Zheng et al., 2019)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าความแปรปรวนร่วมโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 28

Table 3 Composition of the experimental diets (as fed basis).

Ingredients (%)	Dietary treatment			
	HSM0	HSM5	HSM10	HSM15
Broken rice	30.00	30.00	30.00	30.00
Grounded corn	19.35	19.20	19.30	19.45
Skim milk powder	5.00	5.00	5.00	5.00
Soybean meal	34.20	31.50	28.50	25.50
Rice bran	6.00	4.00	2.00	0.00
Hemp seed cake	0.00	5.00	10.00	15.00
Soybean oil	2.20	0.15	0.20	0.25
Lysine	0.10	0.15	0.20	0.25
DL-Methionine	0.25	0.25	0.30	0.30
Dicalcium Phosphate	1.60	1.60	1.60	1.60
CaCO ₃	0.50	0.50	0.50	0.50
NaCl	0.35	0.35	0.35	0.35
Vitamin-mineral premix	0.25	0.25	0.25	0.25
Anti-mycotoxin	0.10	0.10	0.10	0.10
Pellet Binder	0.10	0.10	0.10	0.10
Calculated chemical composition (%)¹				
Crude protein	22.03	22.13	22.13	22.12
Ether extract	4.63	4.51	4.40	4.29
Crude fiber	3.43	3.62	3.81	3.99
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,401	3,408	3,412	3,419

Antioxidant efficiency (mg GAE/g DW)²

Total phenolic content (TPC)	17.83	20.79	22.36	22.97
------------------------------	-------	-------	-------	-------

Ingredients (%)	Dietary treatment			
	HSM0	HSM5	HSM10	HSM15
Antioxidant potential capacity (APC)	8.90	10.85	12.47	13.12
DPPH reaction (ADA-DPPH) (%)	15.17	18.19	21.03	21.56

Note: ¹Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd

²Animal Feed Physical Laboratory, Natural Resources and Environment, Naresuan University

ผลการทดลองและวิจารณ์

ประสิทธิภาพการผลิตสุกรอนุบาล

จากการศึกษาการใช้ HSM ที่นำ CHSC มาผ่านกระบวนการปรับปรุงทางกายภาพ ลดส่วนประกอบของเยื่อใยลง มาประกอบในสูตรอาหารสุกรอนุบาลในระดับการใช้ 0, 5, 10 และ 15 % ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า สุกรกลุ่ม HSM5 เมื่อใช้ HSM 5 % ในอาหารไม่ส่งผลต่อการกินได้ การเพิ่มน้ำหนักตัว การเจริญเติบโตของสุกรอนุบาล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Madsen et al. (2022) เมื่อใช้ HSM ในสูตรอาหารสุกรรุ่นที่ระดับ 4% แต่จากการศึกษานี้พบว่าเมื่อใช้ HSM 10 % ในอาหาร (กลุ่ม HSM10) มีผลทำให้น้ำหนักตัวสุกรเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม HSM0 และ HSM5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และจากการศึกษานี้ยังพบอีกว่าสุกรกลุ่ม HSM10 มีปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ยต่อวันในสัปดาห์ที่ 1-2 มากกว่าสุกรกลุ่ม HSM15 ที่เป็นระดับการใช้ HSM สูงสุดในการศึกษานี้ รวมทั้งสุกรกลุ่ม HSM10 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดในช่วงสองสัปดาห์แรก และสูงที่สุดตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ($P < 0.05$) แต่เมื่อใช้ HSM 15% ในอาหารกลับส่งผลให้สุกรกินอาหารลดลงในช่วง 2 สัปดาห์แรก ทำให้มีผลกับอัตราการเจริญเติบโต เมื่อเทียบกับสุกรกลุ่ม HSM10 ($P < 0.05$) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการใช้ HSM ที่ยังคงมีส่วนของเปลือกเมล็ดผสมอยู่เมื่อใช้ถึงระดับ 15% ส่งผลต่อรสชาติของอาหารจึงทำให้การกินอาหารของสุกรลดลงซึ่งจะสังเกตได้จากสูตรอาหารเมื่อใช้ HSM 15% ปริมาณเยื่อใยหยาบของสูตรอาหารจะสูงถึง 3.99 % ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jaimasri et al. (2022) ที่ใช้กากเมล็ดถั่วเหลือง (CHSC) 5 % ในสุกรระยะเล็กทำให้อาหารมีเยื่อใยหยาบ 4.34 % ทำให้การกินอาหารของสุกรมีแนวโน้มลดลง แต่ในการศึกษานี้หลังจากทดลองถึงสัปดาห์ที่ 3-4 และ 5-6 สุกรกลุ่ม HSM15 ก็สามารถปรับตัวได้ กินอาหารได้เพิ่มขึ้นจนทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ย 6 สัปดาห์ไม่แตกต่างกับทุกกลุ่มการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 6 สัปดาห์ไม่ต่างจากกลุ่ม HSM10 ($P > 0.05$) ส่วนสุกรกลุ่ม HSM5 และกลุ่ม HSM0 มีแนวโน้มมีปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ยต่อวันในสัปดาห์ที่ 1-2 ใกล้เคียงกับกลุ่ม HSM10 ($P > 0.05$) สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง (Table 4)

Table 4 The effect of dietary hemp seed meal on growth performance of nursery pigs.

Item	Dietary treatment				SEM	P-value
	HSM0	HSM5	HSM10	HSM15		
Initial weight (kg)	5.44	5.49	5.42	5.57	0.04	0.66
Weight gain (kg)	14.44 ^b	14.32 ^b	15.98 ^a	15.21 ^{ab}	0.19	0.00
Final weight (kg)	19.88 ^b	19.81 ^b	21.40 ^a	20.78 ^{ab}	0.20	0.00
Average daily feed intake; ADFI (g/d)						
Week 1-2	353.50 ^{ab}	352.19 ^{ab}	407.39 ^a	334.09 ^b	10.19	0.05
Week 3-4	550.37	512.54	572.81	536.30	13.49	0.47
Week 5-6	679.53	726.86	747.98	754.89	16.10	0.35
Week 1-6	527.80	530.53	576.06	541.76	9.05	0.21
Average daily gain; ADG (g/d)						
Week 1-2	200.51 ^b	213.77 ^b	247.96 ^a	206.12 ^b	5.02	0.00
Week 3-4	376.53 ^{ab}	347.45 ^b	412.25 ^a	406.63 ^a	8.78	0.02
Week 5-6	454.08	461.73	481.12	473.47	4.89	0.21

Item	Dietary treatment				SEM	P-value
	HSM0	HSM5	HSM10	HSM15		
Week 1-6	343.70 ^b	340.99 ^b	380.44 ^a	362.07 ^{ab}	4.50	0.00
Feed conversion ratio; FCR (G/F)						
Week 1-2	1.76	1.65	1.65	1.63	0.03	0.43
Week 3-4	1.46	1.47	1.40	1.32	0.03	0.15
Week 5-6	1.50	1.57	1.55	1.59	0.03	0.66
Week 1-6	1.54	1.55	1.51	1.49	0.03	0.81
Diarrhea incidence (%)	7.10	5.00	7.50	6.90	0.76	0.67

^{a,b} Different superscripts in the same row indicate significant differences ($P < 0.05$) among treatment groups.

สถานะภูมิคุ้มกัน และการตอบสนองต่อความเครียดของสุกรอนุบาล

สำหรับการศึกษาสถานะภูมิคุ้มกันในเลือดของสุกรอนุบาลที่ได้รับ HSM จากการตรวจสอบความเข้มข้นของอิมมูโนโกลบูลิน (IgM IgG และ IgA) พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับ HSM 10% ส่งผลทำให้ IgM ในเลือดสูงกว่า กลุ่ม HSM0, HSM5 และ HSM15 ($P < 0.05$) สำหรับสุกรกลุ่ม HSM10 และ HSM15 พบว่ามีระดับ IgG ในเลือดสูงกว่าสุกรกลุ่ม HSM0 ส่วนสุกรกลุ่ม HSM5 มีแนวโน้มใกล้เคียงกับกลุ่ม HSM10 และ HSM15 ($P < 0.05$) ผลการศึกษาดังกล่าวกลุ่มการทดลองจัดในสภาวะเดียวกันกับการเลี้ยงด้วยระบบการระบายอากาศแบบ Evaporative cooling pad system ที่สอดคล้องกับการเลี้ยงเชิงอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vodolazs & Lauridsen (2020) ที่รายงานไว้ว่าลูกสุกรที่กินนมจากแม่สุกรที่ได้รับน้ำมันเมล็ดกัญชงในระดับ 5% มีความเข้มข้นของอิมมูโนโกลบูลินมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) อาจเป็นผลมาจากแม่สุกรได้รับอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Polyunsaturated fatty acid; PUFA) ในปริมาณที่มากพอที่จะส่งผลให้ความเข้มข้นของเซลล์เม็ดเลือดแดง และฮีมาโตคริตในซีรัมเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่มี PUFA ต่ำ สอดคล้องกับการเสริม n-3 PUFA ในอาหารสุกรช่วงหลังจากหย่านมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต ลดสภาวะเครียด ลดอาการท้องเสีย และกระตุ้นภูมิคุ้มกันได้ (Li et al., 2014; Zhang et al., 2020) สำหรับการใช้ HSM ในอาหารสัตว์ เป็นการมุ่งหวังให้สารออกฤทธิ์ทางชีวเคมีช่วยส่งเสริมและปรับสมดุลสภาวะความเครียดที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งจากงานทดลองพบว่าระดับของเอนไซม์ Superoxide Dismutase (SOD) ในพลาสมาของลูกสุกรกลุ่ม HSM10 และ HSM15 มีระดับ SOD ต่ำกว่ากลุ่ม HSM0 และ HSM5 ($P < 0.05$) แสดงว่าสุกรที่กินอาหารที่มี HSM เป็นส่วนประกอบ จะช่วยลดการเกิดทำงานของเอนไซม์ในการป้องกันการเกิดออกซิไดส์ (antioxidative enzyme) เพื่อไปทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาดิสมิวเทชัน (dismutation reaction) ช่วยลดอนุมูลอิสระที่เกิดจากการเผาผลาญภายในเซลล์ ส่วนกลุ่ม HSM15 ซึ่งเป็นระดับการใช้สูงสุดนั้นส่งผลทำให้เอนไซม์ Glutathione Peroxidase (GPx) มีความเข้มข้นสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ($P < 0.05$) ซึ่งจากรายงาน GPx ในซีรัมของสุกรช่วงอายุ 42-63 วัน จะมีโคแฟกเตอร์สำหรับการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ ที่ไปกระตุ้นปฏิกิริยารีดักชันต่อไฮโดรเปอร์ออกไซด์โดยจะอยู่ในรูปรีดิวซ์กลูตาไทโอน แล้วจะได้ออกเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของปฏิกิริยาในการควบคุมสภาวะปกติของเซลล์ (Stukelj et al., 2013; Vašková et al., 2012; Xu et al., 2018) ฉะนั้นการใช้ HSM ในสูตรอาหารจะช่วยลดสภาวะเครียดออกซิเดชันในระดับเซลล์ได้ สอดคล้องกับ Le et al. (2019) และ Omthonglang et al. (2021) สำหรับการศึกษาสภาวะเครียดจากระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในเลือดสุกร พบว่าสุกรกลุ่ม HSM5 มีระดับคอร์ติซอลต่ำกว่าสุกรกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P < 0.05$) ส่วนสุกรกลุ่ม HSM10 มีแนวโน้มใกล้เคียงกับสุกรกลุ่ม HSM5 แต่มีค่าต่ำกว่าสุกรกลุ่ม HSM0, HSM5% ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Kongkeaw et al. (2022) และ Michael et al. (2022) ที่รายงานว่ากัญชงสามารถลดปริมาณฮอร์โมนคอร์ติซอลในสัตว์ได้ อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่าง SOD และ GPx จะผกผันกันจากงานทดลองพบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์ SOD ที่ลดลงนั้นแต่ระดับความเข้มข้นของ GPx ที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากใน HSM มีปริมาณของ Polyunsaturated fatty acids (PUFA) ที่ยังเหลืออยู่จากกระบวนการสกัดน้ำมัน ซึ่ง PUFA กระตุ้นสถานะของสารต้านอนุมูลอิสระโดยไปสัมพันธ์กับการกระตุ้น Nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2) อีกทั้งยังมีส่วนในการยับยั้ง NF- κ B ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างสารออกฤทธิ์ทางชีวเคมีของกัญชง CBD และ phenolic compounds จะทำหน้าที่ปรับสมดุลและสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ lipoyxygenase โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็น cofactor ส่งผลให้เอนไซม์ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้ เมื่อสารในกลุ่มนี้รับอนุมูลอิสระเข้ามาในโมเลกุลแล้ว อนุมูลอิสระจะเข้าไปอยู่ในวิถีเรโซแนนซ์ (resonance) และทำให้โมเลกุลดังกล่าวเสถียรขึ้นและลดความรุนแรงของอนุมูลอิสระลง (Nimse et al. 2015; Palade et al. 2019) โดยการแสดงถึงสภาวะปกติทั้งภายในและภายนอกเซลล์ ประเมินทางอ้อมได้จากปริมาณอาหารที่กิน อัตรา

การเจริญเติบโต และระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล แนวโน้มของผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสุกรที่กิน HSM สามารถป้องกันความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และช่วยลดการเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบในระดับเซลล์ได้ ส่วนการตรวจสอบค่าชีวเคมีของเลือดในการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 5)

Table 5 The effect of dietary hemp seed meal on immunological function, oxidative stress derivatives and hematological changes in nursery pigs.

Item	Dietary treatment				SEM	P-value
	HSM0	HSM5	HSM10	HSM15		
Immunoglobulin (mg/dL)						
IgM	41.43 ^b	42.18 ^b	55.15 ^a	40.37 ^b	1.95	0.01
IgG	227.50 ^b	247.80 ^{ab}	268.40 ^a	267.50 ^a	5.39	0.01
IgA	<25.00	<25.00	<25.00	<25.00	0.00	-
Oxidative stress						
Superoxide Dismutase (U/ml)	121.12 ^{ab}	125.32 ^a	79.98 ^{bc}	73.37 ^c	7.94	0.02
Glutathione peroxidase (U/ml)	620.74 ^b	643.50 ^b	651.92 ^b	764.20 ^a	17.88	0.01
Cortisol hormone (Serum) (ug/dL)	5.20 ^a	2.32 ^c	3.53 ^{bc}	3.98 ^{ab}	0.31	0.00
Total blood cell						
Red blood cell (x10 ⁶ /cu.mm)	6.99	7.08	7.15	6.82	0.09	0.59
Hemoglobin (g/dL)	11.72	11.62	10.84	11.04	0.19	0.28
Platelet count (x10 ⁶ /cu.mm)	38.68	36.44	37.85	38.04	1.40	0.96
White blood cell (x10 ⁶ /cu.mm)	14.20	14.97	14.80	15.97	0.40	0.50
Hematocrit (%)	36.60	34.50	34.60	33.20	0.53	0.17
Neutrophil (%)	31.00	35.57	39.33	34.17	1.52	0.31
Lymphocyte (%)	62.33	62.67	61.38	67.00	1.54	0.64
Monocyte (%)	4.20	3.83	4.50	4.50	0.24	0.74
Eosinophil (%)	2.20	2.50	3.33	2.43	0.23	0.36

^{a,b} Different superscripts in the same row indicate significant differences ($P<0.05$) among treatment groups

สรุปผลการศึกษา

กากเมล็ดกัญชง ที่ผ่านกระบวนการทางกายภาพที่เหมาะสม สามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสุกรระยะอนุบาลได้ถึง 10% ส่งผลดีต่อน้ำหนักสุกร ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโต ลดระดับของสภาวะเครียดออกซิเดชันทั้งภายในและภายนอกเซลล์ ลดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในเลือดสุกร อีกทั้งมีค่าบ่งชี้ระดับภูมิคุ้มกันของสุกรได้แก่ระดับ IgM และ IgG เพิ่มขึ้นในสภาวะเดียวกันกับการเลี้ยงด้วยระบบการระบายอากาศแบบ Evaporative cooling pad system ที่สอดคล้องกับการเลี้ยงเชิงอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท เฟิร์สลิเทค จำกัด สำหรับการสนับสนุน วัตถุดิบสำหรับการทดลองและทุนวิจัยภายใต้ความร่วมมือด้านงานวิจัยระหว่างบริษัทและมหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

- Bushong, D. M., Friend, T. H., & Knabe, D. A. (2000). Salivary and plasma cortisol response to adrenocorticotropin administration in pigs. *Laboratory Animals*. 34, 171-181.
- Jaimasri, R., Boonchoo, R., Omthonglang, W., Choot, O., Wichasit, N., Kongkeaw, A., & Tatrakoon, W. (2022). Chemical composition, the antioxidative potential of hemp seed cake and usage tests in starter-grower pig diets. *Khon Kaen Agriculture Journal*. 50 (Suppl1), 259-264.
- Kongkeaw, A., Jaimasri, R., Phudsasad, N., Mokmued, P., & Tatrakoon, W. (2022). Application of hemp root as a functional dietary fiber to reduce stress in fattening pigs. *Khon Kaen Agriculture Journal*. 50 (Suppl1), 253-268
- Le, H. H., Vidacs, E., Phillips, D. J., Zhao, W., Furness, J. B., Gabler, N. K., Renaudeau, D., Wijffels, G., Dunshea, F. R., Giacomo, K. D., Roura, E., Leury, E. J., & Cottrell, B. PSIV-8 Effect of selenium and superoxide dismutase supplementation on heat-stressed pigs. *Journal of Animal Science*. 9(2), 179-189.
- Li, Q., Brendemuhl, J. H., Jeong, K. C., & Badinga, L. (2014). Effects of dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids on growth and immune response of weanling pigs. *Journal of Animal Science and Technology*. 56, 7.
- Madsen, P. A., Curtasu, M. V., Canibe, N., Hedemann, M. S., Pedersen, M. L. M., & Lauridsen, C. (2022). Non-targeted metabolomics of saliva to explore potential biomarkers for gastric ulceration in pigs fed hemp. *Animal*. 3, 1043-1047.
- Michael D. K., Weeder, M., Montgomery, S., Martin, M., Curtis, A., Magnin, G., Lin, Z., Griffin, J., & Coetzee, J. F. (2022). Short-term feeding of industria hemp with a high cannabidiolic acid (CBDA) content increases lying behavior and reduces biomarkers of stress and inflammation in Holstein steers. *Journal of Scientific Reports*. 12(1), 3683.
- Mohamed, R., Fairbrother, J. M., Beaudry, F., & Letellier, A. (2017). Post weaning diarrhea in pigs: risk factors and non-colistin-based control strategies. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 59, 31.
- Nimse, S. B., & Pal, D. (2015). Free Radicals, Natural Antioxidants, and Their Reaction Mechanisms. *RSC Advances*. 5(35): 27986-8006
- Omthonglang, W., Jaitup, R., ot, O., Kongkeaw, A., Incharoen, T., Monprasert, C., & Tatrakoon, W. Ch (2021). Effect of *Cordyceps militaris* spent mushroom substrate on growth performance and oxidative stress in nursery pigs. *Khon Kaen Agriculture Journal*. 49 (Suppl1), 75-80
- Palade, L. M., Habeanu, M., Marin, D. E., Chedea, V. S., Pistol, G. C., Grosu, I. A., Gheorghe, A., Ropota, M., & Taranu, I. (2019). Effect of dietary hemp seed on oxidative status in sows during late gestation and lactation and their offspring. *Animals*. 9(4), 194.
- Pluske, J. R., Hampson, D. J., & Williams, I. H. (1997). Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock Production Science*. 51, 215-236
- Silversides, F. G., & Lefrancois, M. R. (2005). The effect of feeding hemp seed meal to laying hens. *British Poultry Science*. 46(2), 231-235.
- Stukelj, M., Toplak, I., & Svete, A. N. (2013). Blood antioxidant enzymes (SOD, GPX), biochemical and haematological parameters in pigs naturally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 16(2), 369-376.
- Rocca, G. D., & Salvo, A. D. (2020). Hemp in Veterinary Medicine: From Feed to Drug. *Frontiers in Veterinary Science*. 7(287), 1-11.
- Ryz, N. R., Remillard, D. J., & Russo, E. B. (2017). Cannabis Roots: A Traditional Therapy with Future Potential for Treating Inflammation and Pain. *Cannabis and Cannabinoid Research*. 2(1), 210-216.
- Vasková, J., Váško, L., & Kron, I. (2012). *Antioxidant Enzyme: Oxidative Processes and Antioxidative Metaloenzymes*. Headquarters: IntechOpen Limited.
- Vodolazs, K.D, & Lauridsen, C. (2020). Effects of dietary hemp seed oil to sows on fatty acid profiles, nutritional and immune status of piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 11, 28.
- Xu, Y.U., Wang, Z. Q., Qin, Z., Yan, S.M., Shi, B. L. (2018). Effects of chitosan addition on growth performance, diarrhea, anti-oxidative function, and serum immune parameters of weaned piglets. *South African Journal of Animal Science*. 48(1), 142-150.
- Zhang, J.Y., Wang, X. B., Hu, J., & Kim, I. H. (2020). Effects of dietary supplementation with graded levels of omega-3 fatty acids on growth performance, nutrients digestibility, blood profile, faecal microbial in weaning pigs. *Journal of Applied Animal Research*. 48(1), 390-396.

วันรับบทความ (Received date) :

วันแก้ไขบทความ (Revised date) :

วันตอบรับบทความ (Accepted date) :