

**ผลของการใช้ไคโตซานที่สกัดด้วยเคมีจากเปลือกกุ้งเสริมในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต
และค่าโลหิตวิทยาในสุกรระยะเจริญเติบโต (น้ำหนักตัว 10-60 กก.)**

**Effect of Chitosan Extracted by Chemical Method from Shrimp Shell in Diet
Supplementation on Growth Performance and Blood Biochemistry
in Starting – Growing Pig (Body Weight 10-60 kg)**

ฉัตรชัย เสนขวัญแก้ว

Chatchai Senkwankaew

แขนงวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

Department of Agriculture Branches Animals Science, Faculty of Agricultural Technology

Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathum Thani, Thailand 13180

*Corresponding author: chatchai.sen@vru.ac.th

Abstract

Received: May 26, 2020

Revised: April 28, 2021

Accepted: July 15, 2021

The effect of chitosan extraction from shrimp shell on growth performance was studied in starting – growing pigs total of 32 weaning pigs (Duroc x Large white x Landraces) were used the average initial weight of 10.37 kg. The experimental design was Completely Randomized Design (CRD) were selected and assigned randomly into 4 treatments. Each treatment involved 4 replicate with 8 pigs per group, group 1 basal feed, control and groups 2, 3 and 4 chitosan supplement 100, 200 and 300 ppm, respectively. The results found that the efficiency of absorption of nutrients all the pigs did not significantly ($P>0.05$), except for the fat absorption of groups, 200 and 300 ppm fed supplemental chitosan was significantly ($P<0.05$) compared with the control group. The growth performance of pigs in all experimental groups did not significantly ($P>0.05$). The effects on blood biochemistry, it was found that the group added chitosan 100 and 200 ppm had higher hematocrit than the control group with statistical significance ($P<0.01$). The total white blood cell count of chitosan supplement 200 and 300 ppm were higher than the control ($P<0.01$) and statistical significance with 2 groups ($P<0.05$). Therefore, supplementing chitosan should be used at the level of 300 ppm in feed formulas to be used as a supplement to the growth and increase the white blood cells, which may mean increased swine immunity will affect the health of pigs.

Keywords: chitosan, growth performance, swine, blood biochemistry

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการสกัดไคโตซานด้วยวิธีเคมีจากเปลือกกุ้งต่อสมรรถภาพการเติบโตในสุกรเล็ก-สุกรรุ่น ใช้สุกรลูกผสม 3 สายเลือด (ดুর็อค x ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) จำนวน 32 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 10.37 กิโลกรัม ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 8 ตัว โดยกลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมไคโตซาน) กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 คือ กลุ่มเสริมไคโตซานที่สกัดด้วยเคมีระดับ 100, 200 และ 300 ppm ในสูตรอาหาร ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า การดูดซึมโภชนาของสุกรทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นการย่อยได้ไขมันกลุ่มที่เสริมไคโตซาน 200 และ 300 ppm มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สมรรถภาพการผลิตของสุกรทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนผลต่อองค์ประกอบของเลือด พบว่ากลุ่มเสริมไคโตซาน 100 และ 200 ppm มีค่าฮีมาโตคริตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนปริมาณเม็ดเลือดขาวทั้งหมด พบว่ากลุ่มที่เสริมไคโตซาน 200 และ 300 ppm มีปริมาณเม็ดเลือดขาวสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริมไคโตซาน 100 ppm ดังนั้นการเสริมไคโตซานควรจะใช้ในระดับ 300 ppm ในสูตรอาหารเพื่อใช้เป็นสารเสริมต่อการเจริญเติบโต และทำให้เม็ดเลือดขาวเพิ่มสูงขึ้นนั้นอาจหมายถึงภูมิคุ้มกันของสุกรเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของสุกร

คำสำคัญ: ไคโตซาน สมรรถภาพการเติบโต สุกร
คำโลหิตวิทยา

คำนำ

อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์เพื่อการดำรงชีพ การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการผลิตน้ำนม ส่วนใหญ่ได้มาจากพืชและสัตว์ โดยมีคุณค่าทางโภชนาที่แตกต่างกัน แต่ในปัจจุบันได้มีการนำสารเคมีบางชนิดมาใช้เป็นสารเสริมลงในสูตรอาหารเพื่อช่วยรักษาโรค ช่วยให้สัตว์มีผลผลิตที่สูงขึ้นและนิยมกันแพร่หลายในวงการเลี้ยงสัตว์ แต่สารเคมีที่นำมาใช้ส่วนใหญ่นั้นหากมีการนำมาใช้ที่ไม่ถูกวิธีหรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์ของเกษตรกร อาจทำให้สารเคมีเหล่านั้นตกค้างในเนื้อสัตว์ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค จึงมีการศึกษาหาสารจากธรรมชาติที่มีความปลอดภัยต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม เพื่อนำมาใช้ส่งเสริมการเจริญเติบโตและสมรรถภาพของผลผลิตของสัตว์ อย่างไรก็ตามหากมองให้ลึกถึงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งและหัวกุ้งแล้ว ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งไคติน (Chitin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีอยู่ในเปลือกกุ้ง หากมีการสกัดออกมาและนำมาแปรรูปใช้งานก็ถือว่าเป็นสารเสริมในอาหารที่มีประโยชน์อย่างมาก ภายในเปลือกกุ้งจะมีสารอยู่ชนิดหนึ่ง คือ ไคโตซาน ที่ช่วยดักจับไขมันและคลอเลสเตอรอลในกระแสเลือด เนื่องจากประจุบวกของไคโตซานสามารถจับกับประจุลบของกรดไขมัน อีกทั้งไคโตซานยังสามารถจับไขมันไว้ในโครงสร้างพอลิเมอร์ ทำให้ร่างกายดูดซึมไขมันได้น้อยลง (Aranaz *et al.*, 2009) นอกจากนี้คุณสมบัติที่กล่าวมาแล้ว สารไคโตซานยังมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ต้านเชื้อไวรัส ต้านเชื้อรา และสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย คือ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae* และ *Salmonella weltevreden* (Chongritthiporn *et al.*, 2003)

จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารสัตว์สามารถย่อยโคโตซานได้เป็นสาร Glucosamine และ Oligomer ชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเจริญของเซลล์จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (Satchatchaphong, 2009) เช่น เพิ่มจำนวนจุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus* spp.) ในลำไส้ (Li *et al.*, 2007) และยังช่วยในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโรค โดยมีปริมาณ IgG และลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) ในซีรัมที่เพิ่มขึ้น (Kumar *et al.*, 2017) และสามารถใช้เป็นพรีไบโอติกส์ในอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มคุณภาพในการผลิตทั้งในสุกรและสัตว์ปีกได้ (Park *et al.*, 2004; Xiao *et al.*, 2013) ทำให้สัตว์มีสุขภาพที่ดีช่วยลดต้นทุนค่ายาให้แก่เกษตรกร จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย และยังสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติไม่มีพิษต่อสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดโคโตซาน

การสกัดโคโตซานโดยวิธีของ Khanafari *et al.* (2008) ดังนี้

1) นำเปลือกกุ้งมาล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง หากเป็นเปลือกกุ้งสดจะต้องแยกเอาส่วนเนื้อ ไขมัน และอื่น ๆ ออก ใช้เฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกเท่านั้น จากนั้นจึงนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบที่อุณหภูมิ $100 \pm 0^{\circ}\text{C}$. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2) นำเปลือกกุ้งมากำจัดแร่ธาตุด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 2 M คนตลอดเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$. โดยใช้ใช้น้ำหนักต่อปริมาตร 1 ต่อ 15 ด้วยเครื่องกวนสารชนิดให้ความร้อน ซึ่งการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจางเป็นตัวละลายแร่ธาตุโดยส่วนใหญ่เป็นเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต $2\text{HCl} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$ หลังจากนั้นล้างน้ำให้สะอาดแล้วจึงกรองเพื่อเอากากทั้งหมด

3) นำกากของเปลือกกุ้งที่ได้จากการกำจัดแร่ธาตุมากำจัดโปรตีนด้วยด่าง (NaOH) ความเข้มข้น 2 M คนตลอดเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$. โดยใช้น้ำหนักต่อปริมาตร 1 ต่อ 15 ด้วยเครื่องกวนสารชนิดให้ความร้อน หลังจากนั้นล้างน้ำแล้วกรองจนหมดกรดจะได้ไคติน

4) นำไคตินที่สกัดได้มากำจัดหมู่ Acetyl (Deacetylation) ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 50% โดยใช้น้ำหนัก ในอัตราส่วน 1 ต่อ 15 คนตลอดเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ $100 \pm 10^{\circ}\text{C}$. ด้วย Stirring hot plate หลังจากนั้นนำโคโตซานที่ได้ไปล้างน้ำและกรองจนหมดต่าง ขั้นตอนสุดท้ายนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ $100 \pm 10^{\circ}\text{C}$. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้โคโตซานแล้วจึงนำไปเปรียบเทียบกับร้อยละจากไคตินตั้งต้น และเปรียบเทียบกับร้อยละจากน้ำหนักเปลือกกุ้งตั้งต้น

สัตว์ทดลองและการจัดการเลี้ยงดู

สัตว์ทดลอง ใช้สุกรหย่านมลูกผสมสามสายเลือด (ลาร์จไวท์-แลนด์เรซ×ดуроค) จำนวน 32 ตัว น้ำหนักเริ่มทดลอง 10.37 กิโลกรัม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบไปด้วย 4 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 4 ตัว ตัวละ 2 ตัว (เพศผู้ตัว 1 ตัว + เพศเมีย 1 ตัว) โดยกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มควบคุมให้อาหารพื้นฐาน ส่วนกลุ่มที่ 2 เสริมโคโตซาน 100 ppm กลุ่มที่ 3 เสริมโคโตซาน 200 ppm และกลุ่มที่ 4 เสริมโคโตซาน 300 ppm ตามลำดับ ให้กินอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (อาหารทดลองจะเตรียมไว้สำหรับสุกร 7 วันจากนั้นจะผสมใหม่) อาหารที่ใช้ในการทดลองแสดงดัง Table 1

การจัดการเลี้ยงดูสุกรที่นำมาใช้เพื่องานทดลองมีระบบการเลี้ยงแบบสุขอนามัยเข้ม (Strict Hygienic Conventional System, SHC หรือ Clean Conventional System, CC) คือ มีการป้องกันการติดเชื้อ มีการตรวจสอบเชื้อ มีการจัดการระบบเพื่อให้สัตว์มีสุขภาพดี การควบคุมและตรวจสอบสุขภาพสัตว์อย่างสม่ำเสมอซึ่ง

ผู้วิจัยได้ผ่านการอบรมหลักสูตรการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ใบอนุญาตเลขที่ U1-03188-2559 คอกที่ใช้ทดลองมีขนาด 1.5×2.0 เมตร เป็นพื้นคอนกรีตพร้อมที่ให้น้ำและอาหารอัตโนมัติ จำนวน 16 คอก โดยมีการเตรียมคอกทดลองก่อนการเลี้ยง โดยล้างทำความสะอาดแล้วพ่นยาฆ่าเชื้อโรค ปล่อยให้แห้งแล้วทิ้งไว้ 7 วัน

นำสุกรเข้าเลี้ยงก่อนทดลอง 7 วัน (น้ำหนักหนักเฉลี่ย 8.48) เพื่อให้สุกรปรับตัวกับสภาพคอกและสูตรอาหารที่ใช้ทดลอง จากนั้นชั่งน้ำหนักและเริ่มการทดลองด้วยสูตรอาหารที่เตรียมไว้เลี้ยงไปจนถึงน้ำหนักตัวสุดท้ายที่ 60 กิโลกรัม ในระหว่างการทดลองจะมีการตรวจสอบสุขภาพสุกรช่วงเช้าและเย็นทุกวัน

Table 1 Composition and calculated nutrient levels of basal diet (as-fed basis)

Items	Period of experimental pigs	
	Starting pigs (15-30 kg)	Growing pig (30-60 kg)
Corn	58	64.40
Rice bran	10.00	13.00
Fish meal (60%CP)	2.00	-
Peanut meal	11.2	-
Soybean meal (44%CP)	14.60	18.45
Bone meal	2.00	1.50
Di calcium phosphate (12%P)	1.20	1.40
Salt	0.35	0.35
Premix ¹	0.35	0.35
Total weights	100	100
Calculated nutrient levels, %		
Protein	18.30	16.31
Calcium	0.60	0.50
Phosphorus	0.50	0.45
Lysine	0.83	0.66
Methionine + Cysteine	0.47	0.39
Tryptophan	0.15	0.12
Threonine	0.52	0.43
Metabolizable Energy ;kcal/kg	3,200	3,057

¹ Vitamin-premix provided per kg of diet: vitamin A 8,250 IU, vitamin D3 835 IU, vitamin E 40 IU, vitamin K3 4 mg, vitamin B12 0.025 mg, vitamin B1 2 mg, vitamin B2 12 mg, nicotinic acid 22.5 mg, folic acid 2 mg, pyridoxine 4.5 mg, biotin 0.2 mg, pantothenate 15 mg, choline 500 mg, Mn 50 mg, Fe 100 mg, I 0.4 mg, Cu 25 mg, Zn 150 mg, Se 0.3 mg.

การเก็บตัวอย่างเลือด

การเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อตรวจหาความเข้มข้นเม็ดเลือดแดงโดยวัดเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ฮีมาโตคริต ค่าโลหิตวิทยา (ปริมาณเม็ดเลือดขาว) และไขมันเลือด (คอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์) ทำการเก็บตัวอย่างเลือดเมื่อสุกมี น้ำหนักตัวได้ 50 กิโลกรัม โดยจะเก็บเลือดจากสุกรเพศผู้ตอน 16 ตัวอย่าง โดยการเจาะเก็บตัวอย่างเลือดที่ หลอดเลือดดำ (Jugular vein) เก็บตัวอย่างเลือดในหลอดทดลองที่ป้องกันการแข็งตัวของเลือดด้วยสาร EDTA และส่งตัวอย่างเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป ขั้นตอนและวิธีการตรวจวัด โลหิตวิทยาและปริมาณไขมันเลือด โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) การหาค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Hematocrit หรือ Packed cell volume)
- 2) การตรวจนับปริมาณเม็ดเลือดขาว
- 3) การวิเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์
- 4) การวิเคราะห์คอเลสเตอรอล

ขั้นตอนและวิธีการตรวจวัดค่าโลหิตวิทยา (ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดขาว) ปริมาณไขมันในเลือด (คอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์)

1. การหาค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ฮีมาโตคริต ตามวิธีของ Bucolo and David (1973)
2. การตรวจสอบปริมาณเม็ดเลือดขาวโดยวิธี Wright “Instan” Stain set เป็นชุดทดสอบของบริษัท B.M. Lap Limited partnership (Bio-Medical Laboratory)

สารละลายที่ใช้

- 1) Fixative solution 450 ml
- 2) “Instant” Stain A 450 ml
- 3) “Instant” Stain B 450 ml

ขั้นตอนวิธีการทำ

- 1) ใช้ Capillary tube หยดเลือดลงบนสไลด์
- 2) Smear และทำให้แห้งโดยผึ่งลม

3) จุ่มสไลด์ลงใน Fixative solution (ที่ใส่ใน Coplin Jar หรือ ภาชนะที่ใช้ย้อมสีอื่น ๆ) 5 ครั้ง ครั้งละ 1 วินาที

4) จุ่มสไลด์ลงใน “Instant” Stain A ในภาชนะ 5 ครั้ง ครั้งละ 1 วินาที

5) จุ่มสไลด์ลงใน “Instant” Stain B ในภาชนะ 5 ครั้ง ครั้งละ 1 วินาที

6) ล้างสไลด์ด้วยน้ำกลั่นแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

7) การตรวจสเมียร์ เริ่มต้นตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายขนาด 10X ก่อนทำการประเมินคุณภาพของสเมียร์นั้น ๆ ว่ามีคุณภาพดี ดิดสีดี รวมทั้งสภาพทั่วไปเกี่ยวกับการกระจายของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด ถ้าตรวจพบ Fibrin strands แสดงว่าเลือดบางส่วนแข็งตัวก่อนทำการสเมียร์ และจะนับเม็ดเลือดขาวกับเกล็ดเลือดไว้ส่วนหนึ่ง ทำให้การประเมินสเมียร์แผ่นนี้ไม่แม่นยำต้องทำสเมียร์แผ่นใหม่ และเมื่อสเมียร์ใช้ได้แล้ว นำไปตรวจแยกชนิดของเม็ดเลือดขาว โดยบริเวณที่เหมาะสมต่อการตรวจนับ คือ บริเวณที่ถัดจากปลายหรือส่วนหางของการสเมียร์เข้ามาเล็กน้อย เลือกรับบริเวณนี้แล้วทำการเปลี่ยนกำลังขยายเป็น 100X (หัวน้ำมัน) และทำการตรวจนับจำนวนเม็ดเลือดขาว 100 เซลล์และรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์ของเซลล์แต่ละชนิดที่พบ

3. การวิเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ โดยวิธีของ

Bucolo and David (1973)

4. การวิเคราะห์คอเลสเตอรอล โดยวิธีของ

Bucolo and David (1973)

การตรวจหาค่าการย่อยได้ของโภชนาในอาหาร

การตรวจหาค่าการย่อยได้ของโภชนาในอาหาร โดยการศึกษาในสุกรระยะรุ่น (ระยะน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม) ในอาหารและในมูลของสุกรทดลองและโภชนาอื่น ๆ Proximate analysis ตามวิธี (AOAC, 1998) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนาโดยใช้สารบ่งชี้ โดยใช้วิธีการของ Galyean (2010) ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยของวัตถุแห้ง

(Digestion coefficient of dry matter)

$$100 - \left[100 \times \left(\frac{\% \text{Indicator in feed DM}}{\% \text{Indicator in fecal DM}} \right) \right]$$

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยของโภชนะ

(Digestion coefficient of a nutrient)

$$100 - \left[100 \times \left(\frac{\% \text{Indicator in feed DM}}{\% \text{Indicator in fecal DM}} \right) \times \left(\frac{\% \text{Indicator in feces}}{\% \text{nutrient in feed}} \right) \right]$$

หมายเหตุ: Indicator คือ Acid Insoluble Ash (AIA)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

ผลการวิจัย

ผลการทดลองพบว่า สุกรทุกกลุ่มการทดลอง มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย และไขมัน ต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่กลับพบว่าสุกรกลุ่มที่เสริมไคโตซานระดับ 200 และ 300 ppm มีค่าการย่อยได้ของไขมันรวมแตกต่างกันอย่างมีความสำคัญ

ทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมไคโตซานระดับ 100 ppm (Table 2)

ผลต่อองค์ประกอบของเลือดวัดที่น้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม พบว่ากลุ่มทดลองที่เสริมไคโตซาน 100 และ 200 ppm มีค่าฮีมาโตคริตสูงที่สุด มีความแตกต่างกันอย่างมีความสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนค่าไตรกลีเซอไรด์ มีแนวโน้มสูงขึ้น ($P = 0.056$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีความสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาหารควบคุม และค่าคอเลสเตอรอลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีความสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง ปริมาณเม็ดเลือดขาวรวม พบว่ากลุ่มการทดลองที่เสริมไคโตซานมีปริมาณเม็ดเลือดขาวสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุม แตกต่างกันอย่างมีความสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (Table 3)

ผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรรุ่นที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม พบว่ากลุ่มการทดลองที่เสริมไคโตซาน มีน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และการกินอาหารโดยรวมสูงกว่ากลุ่มอาหารกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีความสำคัญทางสถิติ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Daily Gain: ADG) อัตราการเปลี่ยนน้ำหนัก (Feed Conversion Ratio: FCR) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีความสำคัญทางสถิติ แต่การกินอาหารเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Feed Intake: ADFI) กลุ่มที่เสริมไคโตซาน 200 และ 300 ppm มีการกินอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมไคโตซาน 100 ppm แตกต่างกันอย่างมีความสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (Table 4)

Table 2 The digestibility of various nutrients in pig diets (body weight 60 kg)

Nutrients	Treatments				SEM	P-value
	control	100 ppm	200 ppm	300 ppm		
Digestibility of various nutrients (%)						
Dry Metter	71.12	70.17	74.61	62.39	2.857	0.961
Crude Protein	85.18	83.39	83.62	83.29	0.479	0.572
Crude Fat	51.99 ^a	57.09 ^{a b}	61.30 ^{b c}	61.61 ^{b c}	0.512	0.039
Fiber	68.50	67.11	69.92	65.79	0.939	0.738
Ash	90.69	88.64	87.98	87.69	1.283	0.097

^{a, b, c} directing the mean within rows, showing significant statistical differences (P < 0.01)

Table 3 Blood biochemistry of experimental pigs at 50 kg

Criteria	Treatments				SEM	P-value
	control	100 ppm	200 ppm	300 ppm		
Hematocrit (%)	21.00 ^a	23.37 ^{bc}	24.50 ^c	21.62 ^{ab}	0.493	0.004
Cholesterol (mg/dl)	83.07	84.21	103.32	99.08	4.014	0.174
Tri-glyceride (mg/dl)	97.15	108.68	132.32	135.14	6.110	0.056
White blood cell count (x10 ⁶ cell/ml)	8.87 ^a	.675 ^b	11.00 ^c	10.25 ^c	0.428	0.001

^{a, b, c} directing the mean within rows, showing significant statistical differences (P<0.01)

Table 4 The average of growth performance in pigs (body weight 10-60 kg)

Item	Treatments				SEM	P-value
	control	100 ppm	200 ppm	300 ppm		
No. of animals	8	8	8	8		
Initial BW (kg)	10.53	10.30	10.30	10.30	-	-
Final BW (kg)	60.68	61.13	62.50	63.83	-	-
Overall BW 10-60 kg	8.87 ^a	6.75 ^b	11.00 ^c	10.25 ^c	-	-
Weight gain (kg)	50.15	50.83	52.20	53.53	-	-
No. of feeding day	63	63	63	63	-	-
Feed intake (kg/pig)	112.14	110.41	113.24	111.83	-	-

Table 4 (Continued)

Item	Treatments				SEM	P-value
	control	100 ppm	200 ppm	300 ppm		
ADG (kg/d)						
Starting pigs, BW 10 30-kg	0.755	0.755	0.811	0.864	0.016	0.566
Growing pigs, BW -3060 kg	0.606	0.656	0.680	0.693	0.018	0.426
Overall BW 10 60-kg	0.796	0.807	0.828	0.880	0.015	0.267
FCR						
Starting pigs, BW	2.07	1.94	1.99	2.05	0.576	0.883
Growing pigs, BW -3060 kg	2.98	2.67	2.60	2.76	0.090	0.480
Overall, BW 10 60-kg	2.24	2.17	2.17	2.09	0.107	0.618
ADFI (kg./d)						
Starting pigs, BW 10 30-kg	1.34	1.27	1.42	1.36	0.037	0.592
Growing pigs, BW -3060 kg	1.75	1.74	1.80	1.89	0.036	0.428
Overall, BW 10-60 kg	1.56 ^a	1.57 ^a	1.67 ^b	1.64 ^b	0.028	0.050

^{a, b, c} directing the mean within rows, showing significant statistical differences ($P < 0.01$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเสริมโคโตซานที่ในสูตรอาหาร ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของเลือด โดยมีปริมาณของไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Wang *et al.*, (2014) ส่วนการวัดค่าฮีมาโตคริต พบว่าในสุกรกลุ่มที่เสริมโคโตซาน 100 และ 200 ppm มีเปอร์เซ็นต์ค่าฮีมาโตคริตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และสุกรกลุ่มที่เสริมโคโตซาน 300 ppm ส่วนปริมาณเม็ดเลือดขาวรวมทั้งหมด พบว่าในสุกรกลุ่มที่เสริมโคโตซาน 200 และ 300 ppm มีปริมาณเม็ดเลือดขาวสูงกว่ากลุ่มควบคุม และสุกรกลุ่มที่เสริมโคโตซาน 100 ppm แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Xu *et al.* (2018); Li *et al.* (2013); Senkwankaew *et al.* (2015)

ที่พบว่าการเสริมโคโตซานที่ระดับ 300 ppm ทำให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวในเลือดสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมโคโตซาน

ผลต่ออัตราการเจริญเติบโตสอดคล้องกับการทดลองของ Lahsaenmuang *et al.* (2006); Senkwankaew *et al.* (2015); Xu *et al.* (2014); Aluko *et al.* (2017) ที่ทดลองโดยเสริมโคโตซานที่ระดับต่าง ๆ ในอาหารสุกร พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองดังกล่าวไม่สอดคล้องกับการทดลองของ Wang *et al.* (2014) ที่พบว่าสุกรกลุ่มที่เสริมโคโตซานในอาหารมีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วน Chiraphan (2008) ได้ทดลองเสริมโคโตซานในอาหารสุกร พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ในกลุ่มที่เสริมโคโตซานสูงกว่ากลุ่ม

ที่ไม่เสริมไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01) อาจเป็นผลจากสูตรอาหาร หรือสภาพอุณหภูมิภายในโรงเรือนแตกต่างกัน นอกจากนี้แล้วระหว่างการทดลองมีสุกรป่วยทำให้การเจริญเติบโตของสุกรหยุดชะงักไป ผลการทดลองจึงไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ ส่วนอัตราการกินอาหารต่อวัน พบว่าสุกรกลุ่มที่เสริมไคโตซาน 200 และ 300 ppm มีการกินอาหารสูงที่สุด (P=0.05)

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองนี้ผู้วิจัยแนะนำให้เสริมไคโตซานที่ระดับ 300 ppm ในสูตรอาหารสุกรระยะเจริญเติบโตที่น้ำหนัก 10-60 กิโลกรัม ทำให้ค่าการย่อยได้ของไขมันรวมและจำนวนเม็ดเลือดขาวสูงขึ้น และมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทดลองครั้งต่อไปควรศึกษาเรื่องต่าง ๆ ดังนี้ ควรเพิ่มการศึกษาการเจริญเติบโตของสุกรช่วงระยะหย่านมจนถึงน้ำหนักส่งตลาด (10-90 กิโลกรัม) การตรวจภูมิคุ้มกันในสุกร และหาค่าความหนาของไขมันสันหลัง เพื่อให้การทดลองสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีต้องขอขอบพระคุณบิดามารดา อาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ความร่วมมือ สนับสนุนวัสดุ และเอื้อเฟื้อสถานที่การวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Aluko, K., V.E. Deepak, K. Ehsan, L. Aike, and Y. Yulong. 2017. Combined effects of chitosan and microencapsulated *Enterococcus faecalis* CG1.0007 probiotic supplementation on performance and diarrhea incidences in enterotoxigenic *Escherichia coli* K88⁺ challenged piglets. **Animal Nutrition** 3(2): 366-371.
- Aranaz, I., M. Mengibar, R. Harris, I. Panos, B. Miralles and N. Acosta. 2009. Functional characterization of chitin and chitosan. **Current Chemical Biology** 3(2): 203-230.
- Association of Official Chemists (AOAC). 1998. **Official Method of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists International. 1298 p.
- Bucolo, G. and H. David. 1973. Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes. **Clinical Chemistry** 19(5): 476-482.
- Chiraphan, T. 2008. **The Effect of Chitosan Usage on Fattening Pig Performance**. Nakhon Sawan: Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University. 52 p. [in Thai]

- Chongritthiporn, S., A. Kangsuwan and R.K. Sudip. 2003. Inhibition of the Growth of Bacteria that Causing Disease by Chitosan. 122 p. *In Proceedings of Fisheries Seminar Department of Fisheries, 7-9 July 2003.* Bangkok: Department of Fisheries. [in Thai]
- Galyean, M.L. 2010. **Laboratory Procedures in Animal Nutrition Research.** Lubbock: Department of Animal and Food Sciences, Texas Tech University. 193 p.
- Khanafari, A., R. Marandi and Sh. Sanatei. 2008. Recovery of chitin and chitosan from shrimp waste by chemical and microbial methods. **Iran Journal Environment Health Science English** 5(1): 19-24.
- Kumar, M.Y., J.V. Ramana, A. Ravi, J. Suresh and A.V.N. Sivakumar. 2017. Effect of supplementation of shrimp waste on the immune response, hematological characters and lipid profile in crossbred weans piglets. **International Journal of Science Environment and Technology** 6(4): 2329-2334.
- Lahsaenmuang, C., N. Thongsana, Y. Khamchan and S. Kongkaew. 2006. **Effects of chitosan supplementation in food on pig-fattening pig performance.** 28 p. *In Special Issue.* Bangkok: Department of Animal Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. [in Thai]
- Li, J., B. Shi, S. Yan, L. Jin, Y. Guo, Y. Xu, T. Li and X. Guo. 2013. Effects of dietary supplementation of chitosan on humoral and cellular immune function in weaned piglets. **Animal Feed Science & Technology** 186(2013): 204-208.
- Li, X.J., X.S. Piao, S.W. Kim, P. Liu, L. Wang, Y.B. Shen, S.C. Jung and H.S. Lee. 2007. Effects of chitooligosaccharide supplementation on performance, nutrient digestibility, and serum composition in broiler chickens. **Poultry Science** 86(6): 1107-1114.
- Park, M., E.C. Penick., J.G. Edwards., J.A. Kauer and M.D. Ehlers. 2004. Recycling endosomes supply AMPA receptors for LTP. **Science** 305: 1972-1975.
- Satchatchaphong, C. 2009. **Effects of Shrimp Meal on Production Performance, Microbial Population Change and Immune Response of Broilers.** Master Thesis. Suranaree University of Technology. 111 p. [in Thai]
- Senkwankaew, C., A. Makpangwon, B. Maneewon and M. Thirabunyanon. 2015. **Study on Supplemented Chitosan Various Forms in Diet on Nutrients Absorption and Growth Performance of Growing – Finishing Pig (15-90 kg).** Master Thesis. Maejo University. 91 p. [in Thai]

- Wang, M.Q., C. Wang, Y.J. Du, H. Li, W.J. Tao, S.S. Ye, Y.D. He, and S.Y. Chen. 2014. Effects of chromium-loaded chitosan nanoparticles on growth, carcass characteristics, pork quality, and lipid metabolism in finishing pigs. **Livestock Science** 161(2014): 123-129.
- Xiao, D., Z. Tang, Y. Yin, B. Zhang, X. Hu, Z. Feng and J. Wang. 2013. Effects of dietary administering chitosan on growth performance, jejunal morphology, jejunal mucosal sIgA, occluding, *claudin-1* and TLR4 expression in weaned piglets challenged by enterotoxigenic *Escherichia coli*. **Science Direct** 17(3): 670-676.
- Xu, Y., B. Shi, S. Yan, J. Li, T. Li, Y. Guo and X. Guo. 2014. Effects of chitosan supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, and digestive enzyme activity in weaned pigs. **Czech Journal Animal Science** 59(4): 156-163.
- Xu, Y.Q., Z.Q. Wang, Z. Qin, S.M. Yan and B.L. Shi. 2018. Effects of chitosan addition on growth performance, diarrhea, anti-oxidative function and serum immune parameters of weaned piglets. **South Africa Journal Animal Science** 48(1): 142-150.