

ผลการเสริม Zinc-amino acid complex ในอาหารต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของไก่เนื้อ Effects of Zinc-amino Acid Complex Supplementation on Productive Performance of Broiler Chicken

จิตตภณณ์ วาเพชร, เชาววิทย์ ระฆังทอง, วิริยา ลุ่งใหญ่, พงศ์ธร คงมัน*

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

Jittapon Wapet, Choawit Rakangthong, Wiriya Loongyai, Phongthorn Kongmun*

Department of Animal Science, Faculty of Agricultural, Kasetsart University, Bangkok 10900

Received 25 August 2024; Received in revised 14 October 2024; Accepted 25 November 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อศึกษาการเสริมแร่ธาตุในรูป Zinc-amino acid complex ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพของเนื้อ โดยใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ ROSS 308 เพศผู้ จำนวน 525 ตัว ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่ง 5 กลุ่มการทดลองได้แก่กลุ่มที่ 1 สังกะสีอินทรีย์ 80 มก.ต่อ กก. (T1) กลุ่มที่ 2 สังกะสีอินทรีย์ Zn-AA ; 105 มก.ต่อ กก. (T2) กลุ่มที่ 3 สังกะสีอินทรีย์ Zn-AA ; 75 มก.ต่อ กก. (T3) กลุ่มที่ 4 สังกะสีอินทรีย์ร่วมกับอนินทรีย์ Zn-AA + ZnO ; 40+40 มก.ต่อ กก. (T4) และกลุ่มที่ 5 สังกะสีอินทรีย์ร่วมกับอนินทรีย์ Zn-Gly + ZnO ; 40+40 มก.ต่อ กก. (T5) พบว่าระยะไกรุ่น (11-24 วัน) ค่า BW BWG ADG FCR และ EPEF มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดย BW BWG และ ADG กลุ่มที่เสริม Zn-AA (T2, T3 และ T4) มีค่าสูงสุด ($p<0.05$) ในขณะที่ FCR กลุ่มที่เสริม Zn-AA (T2 และ T3) มีค่าต่ำที่สุด ($p<0.05$) การเลี้ยงโดยรวม 36 วันพบว่า BW BWG ADG และ FCR มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยกลุ่มที่เสริม T2 มีค่าดีที่สุด กลุ่ม T3 พบการเกิดภาวะอ้วนเท่า์อากเสบน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ผลกำไรสุทธิจากการผลิต พบว่า มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริม Zn-AA ในระดับ 105 มก.ต่อ กก. (T2) มีค่าสูงสุด

คำสำคัญ: แร่ธาตุอินทรีย์; สังกะสี; สมรรถภาพการผลิต; ไก่เนื้อ

Abstract

This study aims to examine the effects of a zinc-amino acid complex on production efficiency and meat quality. A total of 525 male ROSS 308 broilers were used in a completely randomized design and divided into five groups: T1- 80 mg/kg of inorganic zinc, T2- 105 mg/kg of organic zinc (Zn-AA), T3- 75 mg/kg of organic zinc (Zn-AA), T4- a combination of 40 mg/kg of organic and 40 mg/kg of inorganic zinc (Zn-AA + ZnO), and T5- a combination of 40 mg/kg of organic and 40 mg/kg of inorganic zinc (Zn-Gly + ZnO). Between days 11-24, significant differences were observed in body weight (BW), body weight gain (BWG), average daily gain (ADG), feed conversion ratio (FCR), and European production efficiency factor (EPEF) ($p < 0.05$). The Zn-AA supplemented groups (T2, T3, T4) exhibited the highest BW, BWG, and ADG values ($p < 0.05$), while T2 and T3 had the lowest FCR ($p < 0.05$). Over the 36-day study period, BW, BWG, ADG, and FCR varied among groups, with T2 demonstrating the most optimal performance ($p < 0.05$). The T3 group showed the lowest incidence of pododermatitis, with statistical significance ($p < 0.001$). Significant differences were also observed in net profit return ($p < 0.05$), with the T2 group (105 mg/kg Zn-AA supplementation) achieving the highest value.

Keywords: Organic trace minerals; Zinc; Production performance; Broiler chickens

1. บทนำ

การเสริมแร่ธาตุสังกะสีในอาหารสำหรับไก่เนื้อเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็น เนื่องจากสังกะสีมีบทบาทต่อการเจริญเติบโต การทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน และองค์รวมต่างๆ ของสัตว์ที่ส่งผลต่อสุขภาพที่ดี การใช้แร่ธาตุสังกะสีเพื่อเสริมในอาหารสัตว์นั้นมียู่ออกมาหลายรูปแบบโครงสร้างที่ใช้ เช่น เสริมในรูปแร่ธาตุอินทรีย์ แร่ธาตุอินทรีย์ และรูปแบบอนุภาคนาโน (Nanoparticle) ถูกนำมาใช้และศึกษาหาระดับและการใช้อย่างเหมาะสมในการใช้เลี้ยงไก่เนื้อในปัจจุบัน โดยพบว่า Zinc oxide (ZnO) และ Zinc sulfate (ZnSO_4) ที่จัดอยู่ในกลุ่มอนินทรีย์นั้น ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากราคาที่ถูกลง แต่พบว่ามีประสิทธิภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ที่น้อย (Bioavailability) จึงจำเป็นต้องเสริมในระดับที่เพิ่มขึ้นและส่งผลต่อการขับส่วนที่เหลือออกมาในมูลและส่งผลกระทบบ้านสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น [1, 2] สำหรับการเสริมสังกะสีในรูปอนุภาคนาโน เช่น Zinc

oxide nanoparticle (ZnO NPs) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้ประโยชน์ของสังกะสีที่สูงกว่ากลุ่มอนินทรีย์แบบเดิม เนื่องจากเพิ่มการคงอยู่ของสังกะสีในร่างกาย ลดการปลดปล่อยทางมูล สามารถปรับปรุงคุณภาพของกระดูกในร่างกาย และต่อต้าน Oxidative stress โดยไม่ส่งผลกระทบบต่อสุขภาพของสัตว์ [3] ในขณะที่ยังกลุ่มสังกะสีอินทรีย์ ยกตัวอย่างเช่น Zinc proteinate และ Zinc amino acid complex รายงานว่าสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงกว่ากลุ่มแร่ธาตุอินทรีย์ ส่งผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และลดการปลดปล่อยสังกะสีส่วนเกินออกสู่สิ่งแวดล้อม [4]

Zinc-amino acid complex (Zn-AA) เป็นรูปแบบสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวกันระหว่างแร่ธาตุสังกะสีกับกรดอะมิโนที่มีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการใช้ประโยชน์ได้ของสังกะสีให้สูงขึ้นและสามารถออกฤทธิ์ทำงานในร่างกายได้มากกว่าการใช้

สังกะสีในรูปแบบเดิม ๆ หรือ สังกะสีอินทรีย์ การทำงานของ Zn-AA ในร่างกายนอกจากเป็นสารอาหารสำหรับร่างกาย ยังเกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน ผิวหนัง การป้องกันการติดเชื้อ และสุขภาพที่ดีของสัตว์ รูปแบบของ Zn-AA เกิดจากการสังเคราะห์จากการรวมตัวกันของแร่ธาตุสังกะสีกับกรดอะมิโนเช่น ไกลซีน ฮิสติดีน เมไทโอนีน และซีสเทอีน ทำให้ได้สารประกอบออกมาในรูปแบบ $Zn(Gly)_2$, $Zn(His)_2$ และ $Zn(Met)_2$ เป็นต้น โดยโครงสร้างนี้เกิดการจับกับสังกะสีไอออนตรงกลางร่วมกับลิแกนด์ของกรดอะมิโน [5, 6] จากการศึกษาในโคเนื้อพบว่า Zn-AA สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ปรับปรุงคุณภาพของซากให้ดีขึ้น เช่น น้ำหนักซากอ่อน เปอร์เซ็นต์การตกแต่งซาก และส่งผลต่อการเพิ่มกำไรต่อหน่วยต้นทุนอาหารได้มากขึ้น [7] สำหรับการศึกษาในสุกรพบว่าสามารถลดความเครียดจากความร้อน ด้านการอักเสบ กระตุ้นเมทาบอลิซึมในร่างกาย ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิต สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม [8]

การเสริมแร่ธาตุสังกะสีรูปแบบต่าง ๆ ในอาหารสำหรับไก่เนื้อส่งผลต่อการเจริญเติบโตและสมรรถภาพในการให้ผลผลิต จากการรายงานพบว่าการเสริมสังกะสีร่วมกับโปรไบโอติกพบว่าการเสริมสังกะสีร่วมกับการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ และอัตราการแลกเนื้อ เนื่องจากการเสริมร่วมกันนี้สามารถกระตุ้นการตอบสนองของภูมิคุ้มกันและเพิ่มการสะสมแร่ธาตุในกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น [9] การเสริมสังกะสีในรูปแบบอินทรีย์ เช่น Zinc proteinate สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวของสัตว์ได้มากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตได้มากกว่ากลุ่มแร่ธาตุอินทรีย์ นอกจากนี้แร่ธาตุสังกะสีมีผลต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันและสุขภาพของสัตว์ เนื่องจากสามารถกระตุ้นการตอบสนองทั้ง Cellular และ Humoral ลดปริมาณเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร [10] และพบว่าการเสริมสังกะสีร่วมกับแร่ธาตุอื่นๆ เช่น ซีลีเนียม สามารถเพิ่มการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกัน และเพิ่มการเจริญเติบโตซึ่งเป็นอิทธิพลของการเสริมร่วมกันกับสังกะสีและซีลีเนียม [11]

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเสริม Zn-AA เปรียบเทียบกับการใช้ในรูปแบบสังกะสีอินทรีย์ และระดับของการเสริมที่เหมาะสมต่อสมรรถภาพการผลิต สัตว์ของลำไส้เล็กและคุณภาพของเนื้อและซากในไก่เนื้อ

2. อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

2.1 สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่เนื้อ สายพันธุ์ ROSS 308 เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 525 ตัว ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง จำนวน 7 ซ้ำต่อกลุ่ม ไก่เนื้อทั้งหมด 525 ตัวถูกแบ่งออกและเลี้ยงในคอกจำนวน 35 คอก คอกละ 15 ตัว การเลี้ยงในครั้งนี้กำหนดให้มีความหนาแน่นของไก่เนื้อในเกณฑ์ 31.7 - 35.3 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามค่ามาตรฐานของสายพันธุ์ Ross 308 (Aviagen performance objectives, 2019) ไก่เนื้อทุกตัวได้รับน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ (ad libitum) การศึกษาในครั้งนี้ได้รับการอนุญาตจากหน่วยงานต้นสังกัดภายใต้การดูแลของการอนุญาตการใช้สัตว์เลขที่ ACKU64 - AGR-016 และได้ดำเนินการการทดลองที่ฟาร์มวิจัยสัตว์ทดลอง สุวรรณจากกลสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

2.2 โรงเรือน

การศึกษาในครั้งนี้ใช้เวลาในการเลี้ยงทั้งหมด 36 วัน เลี้ยงสัตว์ทดลองทั้งหมดในระบบโรงเรือนระบบปิดที่มีระบบการทำความเย็นแบบระเหยน้ำ (Evaporative cooling system) พร้อมระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนด้วยระบบระเหยไอน้ำโดยมีแผ่นรังผึ้ง (Cooling pad) มีพัดลมระบายอากาศจำนวน 2 ตัว ขนาดคอกทดลอง 1.0 x 1.2 เมตร พื้นคอกเป็นคอนกรีต ใช้เกล็ดปูเป็นวัสดุรองพื้นมีความหนาประมาณ 5 ซม. และตลอดระยะเวลาทำการทดลองภายในโรงเรือนมีการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ 3 จุด คือ

บริเวณ ด้านหน้า กลาง และท้ายโรงเรือน ทำการเลี้ยงไก่เนื้อ 15 ตัวต่อคอกจำนวน 35 คอก และมีระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (Nipple) จำนวน 2 หัวต่อคอก การจัดการให้แสง 24 ชั่วโมงในช่วงอายุไก่สัปดาห์แรก และลดลงเหลือ 20 ชั่วโมงในช่วงอายุไก่ 8-36 วัน เมื่อลูกไก่อายุ 1 ถึง 10 วันได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิล (Newcastle disease) และโรคหลอดลมอักเสบติดต่อ (Infectious bronchitis disease) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองสัตว์ทดลองถูกบันทึกน้ำหนัก

2.3 อาหารทดลอง

อาหารทดลองแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะไก่เล็ก (1-10 วัน) ระยะไกรุ่น (11-24 วัน) และ ระยะไก่ใหญ่ (25-36 วัน) และคำนวณให้มีระดับการย่อยได้ของกรดอะมิโนตามคำแนะนำของคู่มือสายพันธุ์ Ross กลุ่มการทดลองในครั้งนี้เพื่อศึกษาการใช้แร่ธาตุสังกะสีอินทรีย์ (Organic zinc) เปรียบเทียบกับสังกะสีอนินทรีย์ (Inorganic zinc) โดยแร่ธาตุอินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้คือ Zinc-amino acid complex (Zn-AA) และ Zinc-glycine complex (Zn-Gly) และใช้ในระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลองดังนี้

กลุ่มที่ 1 เสริมสังกะสีอนินทรีย์ 80 มก.ต่อ กก. (Inorganic zinc)

กลุ่มที่ 2 เสริมสังกะสีอินทรีย์ Zn-AA ; 105 มก.ต่อ กก. (105Zn-AA)

กลุ่มที่ 3 เสริมสังกะสีอินทรีย์ Zn-AA ; 75 มก.ต่อ กก. (75Zn-AA)

กลุ่มที่ 4 เสริมสังกะสีอินทรีย์ร่วมกับอนินทรีย์ Zn-AA + ZnO ; 40+40 มก.ต่อ กก. (Zn-AA + ZnO)

กลุ่มที่ 5 เสริมสังกะสีอินทรีย์ร่วมกับอนินทรีย์ Zn-Gly + ZnO ; 40+40 มก.ต่อ กก. (Zn-Gly + ZnO)

การจัดการด้านอาหารสำหรับไก่เนื้อสายพันธุ์ ROSS-308 ในครั้งนี้แบ่งการให้อาหารเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะไก่เล็ก (Starter, อายุ 1-10 วัน) ใช้อาหารเม็ดบดหยาบ (Crumble) ระยะไกรุ่น (Grower, อายุ 11-24 วัน) ใช้อาหารอัดเม็ด (Pellet feed) และระยะไก่ใหญ่ (Finisher, อายุ 25-36 วัน) ใช้อาหารอัดเม็ด (Pellet feed) โดยการจัดการให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่ (*Ad libitum*) อาหารทดลองพื้นฐานสำหรับการศึกษาในครั้งนี้อ้างอิงตามความต้องการโภชนะของไก่เนื้อแต่ละระยะตามคำแนะนำของ ROSS [12] ดังแสดงองค์ประกอบทางเคมีของโภชนะดัง Table 1 สำหรับ Zinc-amino acid complex ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้คือ AvZn (Availa-Zn, Zinpro Corporation, Eden Prairie, MN) อาหารทดลองทั้งสามสูตรได้จากการคำนวณสูตรอาหารเชิงอุตสาหกรรม สำหรับการเสริมแร่ธาตุตามทริทเมนต์เป็นการเสริมในการลักษณะเพิ่มเติมจากสูตรอาหารสัดส่วนของวิตามินและแร่ธาตุประกอบในส่วนของบริษัทที่ถูกกำหนดโดยสูตรอาหารแนะนำเชิงอุตสาหกรรม

Table 1 Components of animal feed ingredients used in the broiler experiments in all 3 phases of the experiment.

Raw materials	Starter (1-10 day)	Grower (11-24 day)	Finisher (25-36 day)
Corn	50.15	52.96	57.76
Soybean mill (48%Protein)	40.60	37.17	32.11
Rice bran oil	4.70	5.74	6.40
Monocalcium Phosphate-22	1.54	1.36	1.22
Limestone	1.43	1.30	1.19
Salt	0.58	0.48	0.29
Sodium bicarbonate	-	0.15	0.30
DL-methionine	0.34	0.28	0.25
L-Lysine	0.19	0.12	0.12
L-Threonine	0.10	0.07	0.04
Choline chloride 60%	0.08	0.08	0.08
Antioxidant and toxin binder	0.16	0.16	0.16
Anticoccidial	0.05	0.05	-
Vitamin premix	0.08	0.08	0.08
Total (kg)	100.00	100.00	100.00

2.4 การบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพการผลิตไก่เนื้อ

การบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพการผลิตของไก่เนื้อแบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ช่วงที่ไก่เนื้ออายุ 1 - 10 วัน 11 - 24 วัน 25 - 35 วัน และ 1 - 36 วัน ตามลำดับ โดยทำการชั่งน้ำหนักไก่เนื้อทุกตัวและอาหารทดลองในแต่ละหน่วยการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตของไก่เนื้อในแต่ละระยะเพื่อคำนวณตัวชี้วัดต่างๆ ดังนี้ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (Body weight gain; BWG) น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อตัวต่อวัน (Average daily body weight Gain; ADG) ปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (Average daily Feed Intake; FI) และ อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR) เป็นต้น ในกรณีที่พบการตายของไก่เนื้อให้ชั่งน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ และปริมาณอาหารเหลือทั้งหมดในคอกดัง

กล่าวทันที เพื่อนำมาคำนวณอัตราการตาย (%Mortality) และ จากข้อมูลทั้งหมดนำมาคำนวณประสิทธิภาพการให้ผลผลิต (European production efficiency factor; EPEF) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตไก่เนื้อจากโรงเรือน [12, 13] ในแต่ละช่วงของการให้ผลผลิตของไก่เนื้อต้องมีการคำนวณถึงค่าความสม่ำเสมอของน้ำหนักตัวในฝูง (Flock uniformity) โดยคำนวณได้จากค่าความแปรปรวนของน้ำหนักตัวในฝูงไม่ควรเกิน 10 % (Co-efficiency of variation; % CV) สำหรับการคำนวณประสิทธิภาพการให้ผลผลิต (European production efficiency factor; EPEF) มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$EPEF = (\text{น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) / อัตราการแลกเนื้อ} * 10) \times (100 - \% \text{ อัตราการตาย})$$

Table 2 Chemical composition of the experimental diets of broilers in all 3 phases of the experiment.

Nutrient profile	Starter (1-10 day)	Grower (11-24 day)	Finisher (25-36 day)
Metabolizable Energy, Kcal/Kg	3000.00	3100.00	3200.00
Crude Protein, %	23.00	21.50	19.50
Fiber, %	3.58	3.44	3.25
Fat, %	7.09	8.18	8.93
Methionine, %	0.68	0.61	0.56
Methionine + Cystine, %	1.08	0.99	0.91
Lysine, %	1.44	1.29	1.16
Threonine, %	0.97	0.88	0.78
Valine, %	1.11	1.04	0.95
Calcium, %	0.96	0.87	0.79
Total P, %	0.72	0.67	0.62
Available P, %	0.48	0.44	0.39
Na, %	0.23	0.23	0.20
*DEB, mEq/kg	253	255	247

DEB = Dietary Electrolyte Balance

2.5 การเก็บตัวอย่างสัญญาณวิทยาเนื้อเยื่อในลำไส้เล็ก

สุ่มเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อในลำไส้เล็กจากกลุ่มทดลองที่ 1 2 และ 4 เพื่อเป็นตัวแทนของกลุ่มที่ใช้แร่ธาตุอนินทรีย์ แร่ธาตุอินทรีย์ และแร่ธาตุอินทรีย์ร่วมกับอนินทรีย์ เก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อในลำไส้เล็กจากส่วนดูโอเดนิม เจจูนัม และ ไอลีอัม ลำไส้ทั้งสามส่วนจะจัดเก็บโดยใช้ฟอร์มาลินความเข้มข้น 10 % นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นทำให้แห้งจากสารไฮลีน แล้วเก็บในพาราฟิน และตัดชิ้นส่วนขนาด 4 ไมโครเมตรลงในสไลด์ ด้วยเครื่องมือไมโครโทม (microtome; Thermo Scientific, Waltham, USA) [14] ทำการย้อมสี Hematoxylin-eosin (Shandon Varistain-Gemini, Thermofisher Scientific, Cheshire, UK) เมื่อแยกออกจากพาราฟินและไฮลีนเพิ่มความชื้นด้วยสาร Isopropylene Ethanol 95% Ethanol 50% และย้อมสีด้วย Hematoxylin-eosin จากนั้นนำชิ้นส่วนเนื้อเยื่อตรวจสอบโดยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Leica DM LB2 Digital, Leica Microsystems, Wetzlar, Germany)

2.6 การบันทึกข้อมูลคุณภาพเนื้อและส่วนต่างๆ

เมื่อสิ้นสุดระยะการทดลองของไก่เนื้อ อายุ 36 วัน ไก่เนื้อทุกตัวถูกชั่งน้ำหนักครั้งสุดท้าย (Final weight) ไก่เนื้อถูกอดอาหารเป็นระยะเวลา 6 - 8 ชั่วโมงก่อนได้รับการการุณยฆาตโดยใช้สารเคมีประเภทสูดดม (Inhaled agent) โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [15] จากนั้นซากไก่เนื้อทุกตัวนำไปประเมินคะแนนเนื้อหน้าอกตามลักษณะต่างๆ ของพยาธิสภาพกล้ามเนื้อ ได้แก่ Wooden breast White stripping และจุดเลือดออกที่อก (Breast bleeding) นอกจากนี้การประเมินส่วนต่างๆ เพิ่มเติมได้แก่ การเกิดข้อปึกเคลื่อน (Dislocation) การหักของปีก (Wing fracture) และภาวะอุ้งเท้าอักเสบ (Pododermatitis) ตามลำดับ โดยเกณฑ์การประเมินได้แบ่งความรุนแรงของวิการที่ปรากฏเป็น 3 ระดับ คือ ปกติ พบรอยการแบบปานกลาง และพบรอยวิการแบบรุนแรง และให้คะแนนตั้งแต่ 0 1 และ 2 ตามลำดับ ดังแสดงที่ Figure 1

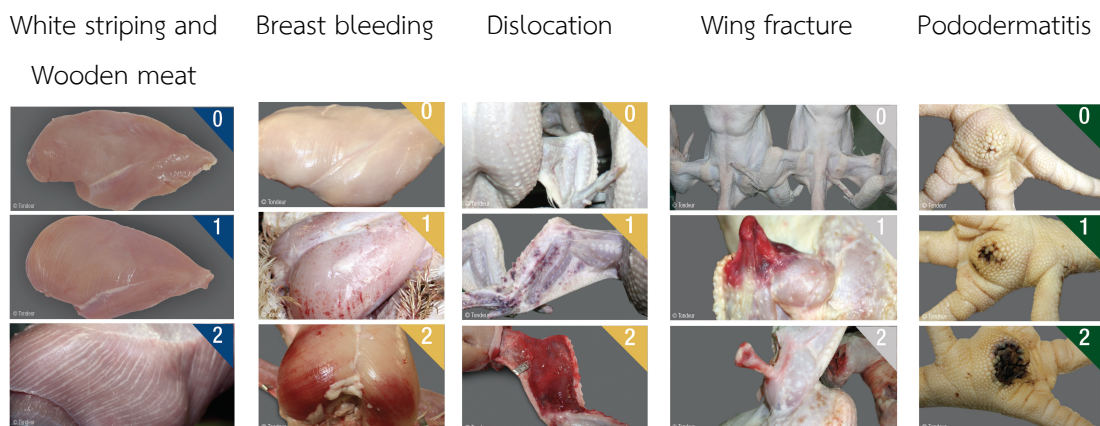


Figure 1 Criteria for evaluating the severity of injuries based on the pathology of chicken carcasses [16]

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่วิเคราะห์ทางสถิติตามการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มีค่าการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยวิธี Duncan's new multiple ranges test (SAS OnDemand for Academics, 2021) สำหรับการศึกษาคุณภาพเนื้อวิเคราะห์ทางสถิติตามวิธีการ Chi-square

3. ผลการศึกษา

3.1 ผลของการเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ

จาก Table 3 ผลการศึกษาพบว่า ในช่วง (1-10 วัน) ผลการเสริมแร่ธาตุสังกะสีแบบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ระดับแตกต่างกันในอาหารไก่เนื้อในทุกกลุ่มการทดลองพบว่า น้ำหนักตัว (Body Weight, BW) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (Body Weight Gain, BWG) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ปริมาณการกินได้ (Feed intake) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และ ค่า EPEF ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยในระยะนี้มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันอยู่ในช่วง 27.15 - 28.29 กรัมต่อตัวต่อวัน ปริมาณการกินได้อยู่ในช่วง 262.10 - 268.70 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราการแลกเนื้ออยู่ในช่วง 0.94 - 0.97 และ ค่า EPEF อยู่ในช่วง 281.49 - 298.85 ตามลำดับ

สำหรับผลการศึกษาในช่วงการเลี้ยงระยะไก่รุ่น (11-24 วัน) พบว่า BW BWG ADG FCR และ EPEF มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่า BW BWG และ ADG กลุ่มที่เสริม Zn-AA ทั้งสามกลุ่มการทดลอง (T2, T3 และ T4) มีค่าสูงสุด ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมสังกะสีอนินทรีย์ (T1) และกลุ่มที่เสริม Zn-Gly (T5) สำหรับค่า FCR พบว่ากลุ่มที่เสริม Zn-AA ในกลุ่ม T2 และ T3 มีค่าต่ำที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.11 และสำหรับค่า EPEF พบว่ากลุ่มที่เสริม 105Zn-AA (T2) มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลการเลี้ยงระยะไก่ใหญ่ (25-36 วัน) พบว่าน้ำหนักตัวสุดท้ายในวันที่ 36 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยกลุ่มที่เสริม 105Zn-AA (T2) มีค่าสูงสุด ถัดมาคือกลุ่มที่ได้รับการเสริม 75Zn-AA (T3) ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ในช่วงการเลี้ยงระยะไก่ใหญ่นี้ ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลการเลี้ยงไก่รวมทั้งสามช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 36 วันพบว่า BW BWG ADG และ FCR มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าค่า BW BWG และ ADG โดยกลุ่มที่เสริม 105Zn-AA (T2) มีค่าสูงสุด และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่ได้รับการเสริม 75Zn-AA (T3) ($p > 0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่เสริมสังกะสีอนินทรีย์ (T1) และกลุ่มที่

เสริม Zn-Gly (T5) มีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับค่า FCR พบว่ากลุ่มที่เสริม 105Zn-AA (T2) มีค่าน้อยที่สุด และกลุ่มที่เสริมสังกะสีอินทรีย์ (T1) มีค่าสูงที่สุด ($p = 0.046$)

3.2 ผลการเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก

จาก Table 4 แสดงผลของการเสริมแร่ธาตุสังกะสีในรูปแบบอนินทรีย์ แบบอินทรีย์ และผสมร่วมกันทั้งสองชนิด

ต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กทั้งสามส่วนได้แก่ ดูโอเดนิม เจจูนัม และไอเลียม โดยพิจารณาถึงความสูงของวิลไล ความลึกของคริปต์ อัตราส่วนระหว่างความสูงวิลไลต่อความลึกของคริปต์ และความหนาของฐาน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในกลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบ (T1, T2 และ T4)

Table 3 Effects of organic mineral zinc amino acid complex supplementation on BW, BWG, ADG, feed intake, FCR, and EPEF of broiler production performance.

Items	T1	T2	T3	T4	T5	P-value	SEM
Initial body weight (g)	41.21	41.21	41.21	41.21	41.20	0.999	0.126
Starter (1-10 days)							
Body weight (g)	312.73	324.07	324.04	322.94	320.60	0.171	10.007
Body weight gain (g)	271.52	282.86	282.83	281.73	279.40	0.172	10.025
Average daily gain (g)	27.15	28.29	28.28	28.17	27.94	0.173	1.002
Feed intake (g)	262.10	267.85	268.70	267.68	262.02	0.302	7.902
Feed conversion ratio	0.97	0.95	0.95	0.95	0.94	0.119	0.001
EPEF	281.49	298.85	297.74	296.59	297.98	0.132	14.737
Grower (11-24 days)							
Body weight (g)	1531.11 ^a	1587.49 ^b	1583.22 ^b	1577.31 ^b	1548.09 ^a	<0.001	32.109
Body weight gain (g)	1218.37 ^a	1263.42 ^b	1259.18 ^b	1254.37 ^b	1227.49 ^a	0.002	28.802
Average daily gain (g)	87.03 ^a	90.24 ^b	89.94 ^b	89.60 ^b	87.68 ^a	0.002	2.057
Feed intake (g)	1423.3	1399.40	1399.55	1417.29	1400.46	0.380	29.154
Feed conversion ratio	1.17 ^a	1.11 ^c	1.11 ^c	1.13 ^{bc}	1.14 ^b	<0.001	0.031
EPEF	738.15 ^a	807.23 ^c	793.50 ^{bc}	785.46 ^{bc}	761.38 ^{ab}	0.002	39.032
Finisher (25-36 days)							
Body weight (g)	2736.87 ^a	2798.16 ^c	2780.13 ^{bc}	2755.98 ^{ab}	2746.65 ^a	<0.001	33.244
Body weight gain (g)	1205.77	1210.67	1196.91	1178.67	1198.57	0.4436	32.877
Average daily gain (g)	92.75	93.13	92.07	90.67	92.20	0.4435	2.529
Feed intake (g)	1941.26	1903.00	1917.76	1922.46	1938.47	0.9021	78.127
Feed conversion ratio	1.61	1.57	1.60	1.63	1.62	0.6228	0.071
EPEF	565.72	575.84	575.54	550.63	571.93	0.5954	0.595
Overall (1-36 days)							
Body weight (g)	2736.87 ^a	2798.16 ^c	2780.13 ^{bc}	2755.98 ^{ab}	2746.65 ^a	<0.001	33.244
Body weight gain (g)	2695.66 ^a	2756.95 ^c	2738.92 ^{bc}	2714.77 ^{ab}	2705.45 ^a	<0.001	33.225
Average daily gain (g)	72.86 ^a	74.51 ^c	74.02 ^{bc}	73.37 ^{ab}	73.12 ^a	<0.001	0.898
Feed intake (g)	3626.67	3570.25	3586.02	3607.42	3600.95	0.854	94.449
Feed conversion ratio	1.35 ^b	1.29 ^a	1.31 ^{ab}	1.33 ^{ab}	1.33 ^{ab}	0.046	0.035
EPEF	526.41	553.32	555.02	541.65	544.85	0.214	25.113

^{a,b,c} Values on the same row with different superscripts differed ($P < 0.05$), T1= Inorganic zinc, T2= 105Zn-AA, T3= 75Zn-AA, T4= Zn-AA+ZnO, T5 = Zn-Gly+ZnO, EPEF= European Production Efficiency Factor

Table 4 Effects of the organic mineral zinc-amino complex on small intestinal morphology in broilers.

Items	T1	T2	T4	P-value	SEM
Duodenum					
Vili height (μm)	1798.37	1859.36	1860.30	31.640	0.680
Vili crypt depth (μm)	251.22	236.22	229.39	7.062	0.457
Villus height: Crypt depth ratio	7.62	8.46	8.25	0.318	0.555
Base width (μm)	299.70	310.10	297.30	9.741	0.863
Jejunum					
Vili height (μm)	1251.47	1161.93	1261.91	27.887	0.287
Vili crypt depth (μm)	165.60	175.44	175.29	5.066	0.684
Villus height: Crypt depth ratio	7.83	6.84	7.45	0.201	0.129
Base width (μm)	279.80	270.60	262.96	9.405	0.783
Ileum					
Vili height (μm)	1066.85	950.82	977.92	27.434	0.201
Vili crypt depth (μm)	185.86	165.60	193.32	6.580	0.212
Villus height: Crypt depth ratio	6.03	5.90	5.20	0.189	0.159
Base width (μm)	294.10	297.90	283.28	8.114	0.766

T1= Inorganic zinc, T2= 105Zn-AA, T3= 75Zn-AA, T4= Zn-AA+ZnO, T5 = Zn-Gly+ZnO

3.3 ผลของการเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อ

จาก Table 5 แสดงผลการเกิด White stripping ในเนื้อไก่ พบว่ามีแนวโน้มพบอิทธิพลของกลุ่มทดลองที่แตกต่างกัน ($p=0.098$) โดยสัดส่วนระดับคะแนน 2 (รุนแรง) มากถึง 50.87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีแนวโน้มพบในกลุ่ม Zn-Gly (T5) มากที่สุดและแนวโน้มพบน้อยที่สุดในกลุ่ม 105Zn-AA (T2) ในขณะที่สัดส่วนระดับคะแนน 0 (ปกติ) กลุ่ม 75Zn-AA (T3) มีแนวโน้มพบมากที่สุด ผลของการเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ต่อการเกิด Wooden breast ในเนื้อไก่ สัดส่วนระดับคะแนน 2 (รุนแรง) มากถึง 41.17 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่ม 105Zn-AA (T2) มีแนวโน้มพบ Wooden breast น้อยที่สุด ($P=0.071$) ดังแสดงใน Table 6

จาก Table 7 แสดงผลของการเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ต่อการเกิดจุดเลือดออกที่เนื้ออกไก่ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.038$) สัดส่วนระดับคะแนน 0 (ปกติ) มากถึง 81.55 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่ม Zn-Gly (T5) สัดส่วนระดับคะแนน 0 มากที่สุด นอกจากนี้อิทธิพลของการเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ต่อการเกิดภาวะอ้วนเท่าอีกเสบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดยสัดส่วนระดับคะแนน 0 (ปกติ) มากถึง 72.14 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่ม 75Zn-AA (T3) มีสัดส่วนระดับปกติมากที่สุดและระดับรุนแรงน้อยที่สุด ดังแสดงใน Table 8 อย่างไรก็ตาม สำหรับ Table 9 และ 10 ที่แสดงผลการเกิดข้อเคลื้อนและการเกิดปีกหักของไก่เนื้อ พบว่าไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

Table 5 Effects of the organic mineral zinc-amino complex on white striping of chicken meat.

Treatments	White striping score (%)			
	0 (Normal)	1 (Moderate)	2 (Severe)	Total
T1 (Inorgainc zinc)	7 (1.36)	48 (9.32)	49 (9.51)	104 (20.19)
T2 (105Zn-AA)	11 (2.14)	50 (9.71)	43 (8.35)	104 (20.19)
T3 (75Zn-AA)	14 (2.72)	32 (6.21)	57 (11.07)	103 (20.00)
T4 (Zn-AA+ZnO)	9 (1.75)	40 (7.77)	54 (10.49)	103 (20.00)
T5 (Zn-Gly+ZnO)	11 (2.14)	31 (6.02)	59 (11.46)	101 (19.61)
Total	52 (10.10)	201 (39.03)	262 (50.87)	515 (100.00)
P-value	0.098			

Table 6 Effects of the organic mineral zinc-amino complex on the formation of wooden breast of chicken meat.

Treatments	Wooden breast score (%)			
	0 (Normal)	1 (Moderate)	2 (Severe)	Total
T1 (Inorgainc zinc)	25 (4.85)	29 (5.63)	50 (9.71)	104 (20.19)
T2 (105Zn-AA)	27 (5.24)	41 (7.96)	36 (6.99)	104 (20.19)
T3 (75Zn-AA)	13 (2.52)	42 (8.16)	48 (9.32)	103 (20.00)
T4 (Zn-AA+ZnO)	25 (4.85)	37 (7.18)	41 (7.96)	103 (20.00)
T5 (Zn-Gly+ZnO)	18 (3.50)	46 (8.93)	37 (7.18)	101 (19.61)
Total	108 (20.97)	195 (37.86)	212 (41.17)	515 (100.00)
P-value	0.071			

Table 7 Effects of the organic mineral zinc-amino complex on the occurrence of breast bleeding in chicken meat.

Treatments	Breast bleeding score (%)			
	0 (Normal)	1 (Moderate)	2 (Severe)	Total
T1 (Inorgainc zinc)	82 (15.92)	16 (3.11)	6 (1.17)	104 (20.19)
T2 (105Zn-AA)	81 (15.73)	13 (2.52)	10 (1.94)	104 (20.19)
T3 (75Zn-AA)	87 (16.89)	11 (2.14)	5 (0.97)	103 (20.00)
T4 (Zn-AA+ZnO)	78 (15.15)	11 (2.14)	14 (2.72)	103 (20.00)
T5 (Zn-Gly+ZnO)	92 (17.86)	6 (1.17)	3 (0.58)	101 (19.61)
Total	420 (81.55)	57 (11.07)	38 (7.38)	515 (100.00)
P-value	0.038			

Table 8 Effects of the organic mineral zinc-amino complex on pododermatitis of broilers.

Treatments	Pododermatitis score (%)			
	0 (Normal)	1 (Moderate)	2 (Severe)	Total
T1 (Inorgainc zinc)	140 (13.59)	47 (4.56)	21 (2.04)	208 (20.19)
T2 (105Zn-AA)	140 (13.59)	34 (3.30)	34 (3.30)	208 (20.19)
T3 (75Zn-AA)	181 (17.57)	14 (1.36)	11 (1.07)	206 (20.00)
T4 (Zn-AA+ZnO)	148 (14.37)	40 (3.88)	18 (1.75)	206 (20.00)
T5 (Zn-Gly+ZnO)	134 (13.01)	42 (4.08)	26 (2.52)	202 (19.61)
Total	743 (72.14)	177 (17.18)	110 (10.68)	1030 (100.00)
P-value	<0.001			

Table 9 Effects of the organic mineral zinc-amino complex on pop-up, dislocation of broiler.

Treatments	Pop-up, dislocation score (%)			
	0 (Normal)	1 (Moderate)	2 (Severe)	Total
T1 (Inorgainc zinc)	204 (19.81)	4 (0.39)	0 (0.00)	208 (20.19)
T2 (105Zn-AA)	207 (20.10)	1 (0.10)	0 (0.00)	208 (20.19)
T3 (75Zn-AA)	204 (19.81)	2 (0.19)	0 (0.00)	206 (20.00)
T4 (Zn-AA+ZnO)	205 (19.90)	1 (0.10)	0 (0.00)	206 (20.00)
T5 (Zn-Gly+ZnO)	198 (19.22)	4 (0.39)	0 (0.00)	202 (19.61)
Total	1018 (98.83)	12 (1.17)	0 (0.00)	1030 (100.00)
P-value	0.4138			

Table 10 Effects of the organic mineral zinc-amino complex on wing fractures of broilers.

Treatments	Wing fracture score (%)			
	0 (Normal)	1 (Moderate)	2 (Severe)	Total
T1 (Inorgainc zinc)	203 (19.71)	3 (0.29)	2 (0.19)	208 (20.19)
T2 (105Zn-AA)	207 (20.10)	0 (0.00)	1 (0.10)	208 (20.19)
T3 (75Zn-AA)	205 (19.90)	1 (0.10)	0 (0.00)	206 (20.00)
T4 (Zn-AA+ZnO)	203 (19.71)	3 (0.29)	0 (0.00)	206 (20.00)
T5 (Zn-Gly+ZnO)	201 (19.51)	1 (0.10)	0 (0.00)	202 (19.61)
Total	1019 (98.93)	8 (0.78)	3 (0.29)	1030 (100.00)
P-value	0.2813			

3.4 ผลของการเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การเสริม Zn-AA ในสูตรอาหารทำให้ราคาอาหารเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยอยู่ในช่วง 0.04 - 0.10 บาทต่อกิโลกรัมเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับแร่ธาตุอินทรีย์จากการศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดังแสดงใน Table 11 ต้นทุนอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (FCG) ต้นทุนอาหารของการผลิตต่อตัว (FCB) และ ผลตอบแทน

จากการลงทุน(ROI) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ ราคาขายไก่ต่อตัว (SBR) และ ผลกำไรสุทธิ (NPR) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริม Zn-AA ในระดับ 105 มก.ต่อ กก. (T2) มีค่าสูงที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างระดับการเสริม 75 และ 105 มก.ต่อ กก. ($p > 0.05$)

Table 11 Effect of organic mineral zinc-amino complex on economic returns.

Items	T1	T2	T3	T4	T5	P-value	SEM
Feed cost (bath/kg)							
Starter (0-10 day)	16.09	16.19	16.15	16.10	16.10	-	-
Grower (11-24 day)	16.13	16.23	16.19	16.14	16.14	-	-
Finisher (25-36 day)	15.95	16.05	16.01	15.96	15.96	-	-
Feed cost per gain (FCG)	21.57	20.89	21.07	21.32	21.36	0.165	0.550
Feed cost of bird (FCB)	58.15	57.61	57.72	57.88	57.77	0.973	1.490
Salable bird return (SBR)	114.95 ^a	117.52 ^c	116.77 ^{bc}	115.75 ^{ab}	115.36 ^a	<0.001	1.400
Net profits return (NPR)	56.80 ^a	59.92 ^c	59.05 ^{bc}	57.87 ^{ab}	57.58 ^{ab}	0.004	1.780
Return of investment (ROI, %)	97.82	104.06	102.41	100.02	99.86	0.166	5.070

^{a,b,c} Values on the same row with different superscripts differed ($P < 0.05$), T1= Inorganic zinc, T2= 105Zn-AA, T3= 75Zn-AA, T4= Zn-AA+ZnO, T5 = Zn-Gly+ZnO, FCG = (Feed intake x Feed cost) / BWG, FCB = Feed intake x Feed cost, SBR = Live chicken price x BW, NPR = SBR - FCB, ROI = [(SBR - FCB) / FCB] x 100

4. วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า การเสริม Zn-AA สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของไก่เนื้อได้ เช่น อัตราการเจริญเติบโต และ อัตราการแลกเนื้อ โดยมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้แร่ธาตุในรูปแบบอนินทรีย์ ทั้งนี้ Zn-AA หรือ แร่ธาตุสังกะสีในรูปอนินทรีย์ เป็นสารประกอบแร่ธาตุที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ (Bioavailability) มากกว่าแร่ธาตุสังกะสีในรูปอนินทรีย์ จึงส่งผลต่อการปริมาณการดูดซึมแร่ธาตุสังกะสีได้เพิ่มสูงขึ้น สามารถเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโต โดยการเพิ่มน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และมีอัตราการแลกเนื้อที่ดี โดยไก่เนื้อที่ได้รับการเสริม Zn-AA สามารถมีเพิ่มน้ำหนักตัวได้สูง และมี FCR ที่ต่ำเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับแร่ธาตุสังกะสีในรูปอนินทรีย์ เช่น ZnO

และ $ZnSO_4$ ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นผลมาจากความสามารถในการใช้ประโยชน์ของสังกะสีในร่างกายสัตว์ที่เพิ่มสูงขึ้น โดยมีสาเหตุจากการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้น นอกจากนี้ Zn-AA มีอิทธิพลต่อการปรับปรุงลำไส้ให้มีโครงสร้างทางสัณฐานวิทยา โดยเพิ่มความยาวและความกว้างของวิลไล ซึ่งเป็นตัวชี้วัดถึงการส่งเสริมความสามารถในการดูดซึมสารอาหารได้เพิ่มสูงขึ้น [2] จากการศึกษาก่อนหน้านี้มีการรายงานว่าการเสริม Zn-AA สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันในไก่เนื้อ โดยกระตุ้น Cytokines และ Chemokines ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อประสิทธิภาพการตอบสนองของภูมิคุ้มกัน และสามารถส่งผลดีโดยรวมต่อสุขภาพและการเจริญเติบโต โดยการลดความเสี่ยงจากการติดเชื้อในการเลี้ยงได้ จากอัตราการ

ดูดซึมและความสามารถในการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุสังกะสีได้สูงในรูป Zn-AA ส่งผลต่อการลดปริมาณการขับแร่ธาตุสังกะสีส่วนเกินสู่สิ่งแวดล้อมเมื่อเทียบกับรูปแบบอนินทรีย์ ซึ่งนับว่าเป็นผลดีต่อการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม [17] การเสริม Zn-AA สามารถส่งผลดีต่อคุณภาพของซาก เช่น การลดสูญเสียน้ำหนักของซาก และมีียต่อการเก็บได้ยาวนานมากขึ้นกว่าเดิม [18]

อย่างไรก็ตาม การศึกษาในครั้งนี้พบว่า การเสริม Zn-AA มีแนวโน้มในการลดการเกิด White striping และ Wooden breast ในเนื้อไก่ และการเสริม Zn-AA สามารถลดการเกิดอู้งาอกได้ ทั้งนี้เนื่องจาก White striping ในเนื้อไก่เป็นลักษณะผิดปกติที่เกิดขึ้นที่กล้ามเนื้อโดยมีการสะสมไขมันในส่วนเนื้ออกของไก่ ซึ่งลักษณะนี้ส่งผลเสียต่อคุณภาพเนื้อเนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนของไขมันและลดสัดส่วนของโปรตีนส่งผลต่อความน่ากินของเนื้ออกไก่ที่ลดลง [19] จากการศึกษา รายงานบทบาทของแร่ธาตุสังกะสีในเนื้อไก่ สังกะสีเป็นแร่ธาตุที่สำคัญและมีบทบาทเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวเคมี เช่น กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและเมทาบอลิซึมต่างๆ [20] รูปแบบและปริมาณการใช้แร่ธาตุสังกะสีในอาหารไก่เนื้อสามารถส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและสุขภาพโดยรวมของไก่เนื้อ การใช้สังกะสีในรูปแบบอินทรีย์ เช่น Zinc proteinate ส่งผลที่ดีต่อไก่เนื้อมากกว่าในรูปแบบอนินทรีย์ และสามารถลดการเกิด White striping ได้ เนื่องจากสามารถทำให้กล้ามเนื้อมีการพัฒนาที่ดีขึ้นส่งผลต่อสุขภาพของสัตว์ที่ดีขึ้น [21]

Zn-AA มีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อที่สามารถช่วยลดการเกิดภาวะอู้งาอกได้ โดยพบว่าการเสริม Zinc-methionine สามารถสนับสนุนการตอบสนองทั้งสองรูปแบบ ได้แก่ การตอบสนองในระดับ Cellular และ Humoral ซึ่งเป็นสาเหตุหลักในการลดการอักเสบที่อู้งาที่เกิดจากความผิดปกติของภูมิคุ้มกันและความเครียด และยังส่งผลต่อการเพิ่มสัดส่วนของ Lymphocyte ลดสัดส่วนของ Heterophil ต่อ Lymphocyte ซึ่งเป็นตัวชี้วัดถึงการลดระดับความเครียด

และส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน [22, 23] โดยสรุป Zn-AA สนับสนุนระบบภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อโดยการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน และปรับปรุงสุขภาพโดยรวม ซึ่งจะช่วยบรรเทาอาการของโรคผิวหนังอักเสบจากเท้าได้

Zn-AA นับว่ามีบทบาทสำคัญต่อระบบภูมิคุ้มกันในสัตว์ มีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของภูมิคุ้มกัน การปรับปรุงจุลินทรีย์ในลำไส้ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ได้มีการศึกษารายงานว่า การเสริม Zn-AA ในระดับ 80 มก.ต่อ กก.สามารถปรับปรุงการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน การต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบของจุลินทรีย์ในลำไส้ โดยเพิ่มระดับของ Ig-M และ Interleukin-2 ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้สำคัญในการกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้สามารถเพิ่มเอนไซม์ Superoxide dismutase ลดระดับของ Malondialdehyde ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ต่อการเพิ่มความเครียดในการต้านอนุมูลอิสระและการลด Oxidative stress ในตัวสัตว์ [24] สำหรับบทบาทของ Zinc-AA ที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ เช่น Bacteroides และ Prevotellaceae ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ส่งผลต่อการเพิ่มการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันได้ดีขึ้น โดยสังกะสีมีบทบาทส่งเสริมการสังเคราะห์ interferon และจากโครงสร้างของ Zn-AA ที่มีสังกะสีเป็นสารประกอบร่วมกับกรดอะมิโน สามารถทำให้เพิ่มการได้รับกรดอะมิโนสำคัญที่มีผลต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและต่อการทำงานของไวรัส ซึ่งได้แก่กรดอะมิโน Histidine หรือ Cysteine เป็นต้น [25]

Zn-AA ส่งผลในด้านบวกต่อซากไก่ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ปริมาณเนื้อ และ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ เป็นต้น การทดแทน $ZnSO_4$ ด้วย Zn-AA ในเนื้อไก่พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณเนื้ออกได้มากกว่าภายใต้สภาวะการเลี้ยงที่มีความเครียด เช่น ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน เป็นต้น นอกจากนี้สามารถทำให้เนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูง ลดปัญหา Drip และ

Thawing loss ในเนื้อไก่ได้ [26] การเสริม Zn-methionine สามารถปรับปรุงระดับโปรตีนในกล้ามเนื้อของไก่เนื้อได้ และส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อที่ดัดขึ้นในเนื้อไก่ [18] และ Zn-AA สามารถลดปริมาณไขมันช่องท้องของไก่เนื้อได้ [27]

การใช้ Zn-AA สามารถส่งผลดีในด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเนื่องจากสามารถทดแทนการใช้ สังกะสีในรูปอนินทรีย์ได้ โดยไม่มีผลเสียที่กระทบต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิตของไก่เนื้อ เนื่องจากสามารถลดต้นทุนในการผลิตและให้ผลกำไรที่มากขึ้น นอกจากนี้ยังลดปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการลดการปลดปล่อยแร่ธาตุสังกะสีส่วนเกินที่ขับออกมาทางมูลไก่ [28]

5. สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การเสริม Zinc amino acid complex สามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตของไก่เนื้อได้ เช่น น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ ลดการเกิดภาวะอ้วนเท่าอัสเสบ โดยการพบว่าการเสริมในระดับ 75 และ 105 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมีอิทธิพลที่สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าการเสริมในระดับ 105 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุดในการศึกษาในครั้งนี้ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การเสริม Zinc amino acid complex (AvZn) ในระดับ 105 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถทดแทนการเสริมแร่ธาตุสังกะสีอนินทรีย์ได้ และให้ผลเชิงบวกในด้านการให้ผลผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจาก Zinpro Animal Nutrition (Thailand) Inc และได้รับความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำวิจัยจากฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 10900

7. References

- [1] Mohd, Y. H., Abdul, Rahman, N.A., Mohamad, R., Zaidan, U.H., Arshad, M.A., and Samsudin, A.A., 2023, Effects of dietary zinc oxide nanoparticles supplementation on broiler growth performance, zinc retention, liver health status, and gastrointestinal microbial load, *J. Trace Elem. Min.* 4: 100072.
- [2] Khan, M.I., Chand, N., Naz, S., Alonaizan, R., Hu, H., Shamsi S., and Khan, R. U., 2024, Effects of zinc supplementation from organic and inorganic sources on growth, blood biochemical indices, and intestinal microarchitecture in broilers, *Vet Q.* 44(1): 1-7.
- [3] Mohd, Y. H., Abdul, R. NA., Mohamad, R., Zaidan, U.H., and Samsudin, A.A., 2023, Influence of dietary biosynthesized zinc oxide nanoparticles on broiler zinc uptake, bone quality, and antioxidative status. *Animals.* 13(1).

- [4] Bomko, B., Syvachenko, Y., and Kropyvka, Y., 2023, Saving and productivity of broiler chickens for feeding an optimal dose of zinc proteinate, *Sci. Messenger LNU Vet. Med. Biotechnol. Ser. Agric. Sci.* 25(99): 134-138.
- [5] Abendrot, M., Chęcińska, L., Kusz, J., Lisowska, K., Zawadzka, K., Felczak, A., and Kalinowska-Lis, U., 2020, Zinc(II) Complexes with amino acids for potential use in dermatology: Synthesis, crystal structures, and antibacterial activity, *Molecules.* 25(4): 951.
- [6] Pan, L., Yuan, S., and Shiri, N., 2017, Zinc-amino acid cysteine complex. U.S. Patent No. 9750670B2. (ed.).
- [7] Jacob, R. H., Affify, A. S., Shanab, S. M., and Shalaby, E. A., 2024, Chelated amino acids: biomass sources, preparation, properties, and biological activities, *Biomass Conver. Biorefin.* 14(3): 2907-2921.
- [8] Long, P., Shaotang, Y., Vyoma, P., Shira, P., Masters, J., G., and Zhiqiang, L., 2012, Oral gel comprising zinc - amino acid complex.
- [9] Sara, S. H., Yasser, J. J., and Latif, I. K., 2023, Influence of zinc and probiotics on productive performance, Immune response and mineral content in muscle of broiler chickens, *Acad. Int. J. Vet. Med.* 1(1): 15-21.
- [10] Abd El-Ghany, W.A., 2022, A perspective review on the effect of different forms of zinc on poultry production of poultry with special reference to the hazardous effects of misuse. *CABI Reviews.*
- [11] Raza, M., Deo, C., Mir, N. A., Biswas, A., Sharma, D., and Rokade, J. J., 2023, Dietary selenium and zinc supplementation alters growth and immunity of broiler chicken, *Indian J. Anim. Sci.* 93(5): 487-493.
- [12] Aviagen. Ross Broiler Pocket Guide. <http://eu.aviagen.com> ,2015. (Retrieved August 20 2017).
- [13] Kamberi, M., Berisha, S., Mestani, N., and Kryeziu, A., editors, 2018, The European performance indicators of broiler chickens as influenced by stocking density and sex. *Agron. Res.* 16(2), 483491, 2018
- [14] Moonjit, P., 2009, Animal tissue technique for permanent slide preparation. Nakhon Pathom (Thailand): n.p. (in Thai)
- [15] AVMA, 2013 Guidelines on Euthanasia (Formerly Report of the AVMA Panel on Euthanasia).
- [16] Grandin T., 2017, On-farm conditions that compromise animal welfare that can be monitored at the slaughter plant. *Meat Sci.* 132: 52-58.
- [17] Junior, A.M.B., 2019, Intestinal integrity, oxidative stress, and immune competence of broilers exposed to heat stress and supplemented with Zn amino acid complex.

- [18] Satek, P., Przybylski, W., Jaworska, D., Adamczak, L., Zielińska, D., and Głuchowski, A., 2020, The effects on the quality of poultry meat of supplementing feed with zinc-methionine complex. *Acta. Sci. Pol. Technol. Aliment.* 19(1): 73-82.
- [19] Salim, H. M., Jo, C., and Lee, B. D., 2008, Zinc in Broiler Feeding and Nutrition. *Avian Biol. Res.* 1(1): 5-18.
- [20] Lee, J., and Mienaltowski, M. J., 2023, A Review of Its Etiology, Effects on Production, and Mitigation Efforts. *Poultry*.2(2): 292-304.
- [21] Hu, Y., Wu, W., Huang, L., Zhang, L., Cao, C., Zhang, W., Hu, Y., Cui, X., Li, T., Wang, S., and Luo, X. ,2024, Zinc proteinate with moderate chelation strength enhances zinc absorption by up-regulating the expression of zinc and amino acid transporters in primary cultured duodenal epithelial cells of broiler embryos. *J. Anim. Sci.* 102
- [22] Anil, K., Chitithoti., Ramana, J., Venkata., Rama, P., Jwalapu.,, Sudheer, S., Devanesan., and Satyanarayana, R., P., 2012, Immuno stimulatory effect of dietary supplementation of zinc sulphate and zinc-methionine on immune response in broilers. *Advances in Applied Science Research.* 3 (5): 2785-2788.
- [23] Moghaddam, H. N., and Jahanian, R., 2009, Immunological Responses of Broiler Chicks Can Be Modulated by Dietary Supplementation of Zinc-methionine in Place of Inorganic Zinc Sources. *Asian-Australas J. Anim Sci.* 22(3): 396-403.
- [24] Hou, P., Li, B., Wang, Y., Li, D., Huang, X., Sun, W., Liang, X., and Zhang, E., 2023, The Effect of Dietary Supplementation with Zinc Amino Acids on Immunity, Antioxidant Capacity, and Gut Microbiota Composition in Calves. *Animals (Basel).* 13(9).
- [25] Kim, S.I., Chernysh, S.I., Bekker, G.P., Makhaldiani, N.B., Hoffmann, J., and Bulet, P., 2007, ALLOFERONES - IMMUNOMODULATING PEPTIDES.
- [26] De Grande, A., Ducatelle, R., Leleu, S., Rapp, C., Torres, C., Petracci, M., De Smet, S., Michiels, J., Haesebrouck, F., Van Immerseel, F., and Delezie, E., 2022, Effects of the dietary zinc source and vitamin E level on live weight and carcass yield and meat quality in male broilers reared under chronic cyclic heat stress conditions in the finisher phase. *Front. Physiol.* 13.

- [27] Pereira Lima, D. C., da Silva Costa Moreira, E. M., Gomes da Silva, S. R., Lima Fernandes, M., Nery Ribeiro, M., Pereira Araújo, T., Cristina Ost Lopes, J., Martins Ferreira, J. D., Batista Lopes, J., and Valente de Figueiredo, A., 2021, Carcass traits in broilers fed diets containing L-glutamine and organic zinc. *Braz. J. Vet. Med.* 42(1).
- [28] Varun, A., Karthikeyan, N., Muthusamy, P., Raja, A., Vijayarani, K., and Ruban, W.S., 2017, Growth performance and carcass traits as influenced by dietary supplementation of zinc in broiler chicken. *Int. J. Chem. Stud.* 5(6): 101-105.