ผลของการเสริม Zinc-methionine ในอาหารต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตและสัณฐานวิทยาลำไส้เล็กของไก่เนื้อ

Effects of Zinc–methionine Supplementation in Diets on Productive Performance and Small Intestinal Morphology of Broiler Chicken

กฤษฎา พวงผกา

Kritsada phangpaka

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่เนื้อมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารและเศรษฐกิจ โดยประสิทธิภาพการผลิตขึ้นอยู่กับการจัดการด้านโภชนาการเป็นสำคัญ สังกะสี (Zinc; Zn) เป็นแร่ธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์ การเผาผลาญสารอาหาร การเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ ดังนั้นสัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและสังเคราะห์ผลงานวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการเสริมแร่ธาตุ Zinc-methionine ในอาหารไก่เนื้อ เพื่อศึกษาผลต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตและสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก โดยการรวบรวมและศึกษาเอกสารวิชาการจำนวน 4 ฉบับ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560–2568 โดยมีการเสริม Zinc-methionine ที่ ระดับ 20-100 มก/กก. พบว่า การเสริม Zinc- methionine ไม่มีผลต่อปริมาณการกินอาหาร แต่ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อลดลง ผลต่อสัญฐานวิทยาของลำไส้เล็ก พบว่า การเสริม Zinc-methionine ทำให้ความสูงและพื้นที่ผิวของวิลไลเพิ่มขึ้นและทำให้ความลึกของคริปท์ลดลง การเสริม Zinc-methionine ในระดับ 50–80 มก/กก. เป็นระดับที่เหมาะสม ช่วยปรับปรุงสัญฐานวิทยาของลำไส้เล็ก และ สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

คำสำคัญ: Zinc- methionine สัณฐานวิทยาของลำไส้ การเจริญเติบโต ไก่เนื้อ

บทนำ

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่เนื้อมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารและเศรษฐกิจ โดยประสิทธิภาพการผลิตขึ้นอยู่กับการจัดการด้านโภชนาการเป็นสำคัญ สังกะสี (Zinc; Zn) เป็นแร่ธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์ การเผาผลาญสารอาหาร การเจริญเติบโต และระบบภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ แหล่งสังกะสีที่ใช้ในอาหารสัตว์มีทั้งรูปแบบอนินทรีย์และอินทรีย์ โดยสังกะสีรูปแบบอนินทรีย์แม้มีต้นทุนต่ำ แต่มีการดูดซึมและการใช้ประโยชน์ในร่างกายสัตว์ค่อนข้างจำกัด ส่งผลให้เกิดการขับถ่ายส่วนเกินสู่สิ่งแวดล้อม ในขณะที่สังกะสีรูปแบบอินทรีย์ เช่น zinc-amino acid complex และ zinc-methionine มีความคงตัวสูงและดูดซึมได้ดีกว่า งานวิจัยรายงานว่าสังกะสีอินทรีย์ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และพัฒนาโครงสร้างลำไส้ของไก่เนื้อ ดังนั้น การเลือกใช้สังกะสีในรูปแบบอินทรีย์จึงเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและความยั่งยืนของอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่เนื้อ

สังกะสี (Zinc; Zn) เป็นแร่ธาตุจำเป็นชนิดหนึ่ง มีเลขอะตอม (Atomic number) เท่ากับ 30 จัดอยู่ในกลุ่มที่ 12 (Group 12) ของตารางธาตุ และอยู่ในหมวดโลหะแทรนซิชัน (Transition metals) ร่วมกับแคดเมียม (Cadmium; Cd) และปรอท (Mercury; Hg) สังกะสีมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของสัตว์ โดยเฉพาะด้านการเจริญเติบโต การสังเคราะห์โปรตีน การแบ่งเซลล์ และการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสัตว์ปีก เช่น ไก่เนื้อและไก่ไข่ ที่มีอัตราการเจริญเติบโตและการผลิตสูงสังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์มากกว่า 300 ชนิด ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหาร การย่อยและการดูดซึมอาหาร รวมถึงการป้องกันความเสียหายของเซลล์จากอนุมูลอิสระ ส่งผลโดยตรงต่อสมรรถภาพการผลิต สุขภาพ และความแข็งแรงของสัตว์ อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบอาหารสัตว์ทั่วไปมักมีปริมาณสังกะสีไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์เศรษฐกิจสมัยใหม่ จึงจำเป็นต้องมีการเสริมสังกะสีเพิ่มเติมในอาหารสัตว์อย่างเหมาะสม สังกะสีที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก ได้แก่ สังกะสีอนินทรีย์ และสังกะสีอินทรีย์ โดยสังกะสีอนินทรีย์ เช่น Zinc oxide (ZnO) เป็นรูปแบบที่นิยมใช้เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและหาได้ง่าย แต่มีข้อจำกัดด้านอัตราการดูดซึมต่ำ ส่งผลให้ต้องเสริมในระดับสูง และมักทำให้เกิดการขับสังกะสีส่วนเกินออกสู่สิ่งแวดล้อม ในขณะที่สังกะสีอินทรีย์ เช่น Zinc–amino acid complex, Zinc–methionine และ Zinc–glycine มีความสามารถในการดูดซึมและการนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายสัตว์สูงกว่าการเสริมสังกะสีในรูปแบบอินทรีย์ โดยเฉพาะ Zinc–methionine และ Zinc–amino acid complex สามารถช่วยเพิ่มน้ำหนักตัว ลดอัตราการแลกน้ำหนัก (FCR) ปรับปรุงโครงสร้างและสุขภาพของลำไส้ ดังนั้น การเลือกใช้รูปแบบและระดับของสังกะสีที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ เพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลดต้นทุนในระยะยาว และสนับสนุนการเลี้ยงสัตว์อย่างยั่งยืนในระบบการผลิตปศุสัตว์สมัยใหม่

ผลของการเสริม Zinc- methionine ต่อการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

จากงานทดลองของจิตตภณฑ์ วาเพชร (2568) ผลการศึกษาพบว่า การเสริม Zinc–amino acid complex ในระดับ 0, 25 , 50 , 75 ,100 mg/kg ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน การเสริมสังกะสีอินทรีย์มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ไก่ที่ได้รับ Zn–AA ระดับ 25 และ 50 mg/kg ให้ค่า ADG สูงที่สุด เมื่อเพิ่มระดับสังกะสีเกิน 50 mg/kg ค่า ADG มีแนวโน้มลดลง ค่า FCR และ EPEF แตกต่างเล็กน้อย แต่ไม่กระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม ดังนั้น Zn–AA ระดับ 50 mg/kg เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด

Table 1. Effects of dietary supplementation with zinc compounds and amino acids from organic minerals on the performance of broiler chickens.

Items	T1	T2	T3	T4	T5	SEM	P-value
Initial body weight (g)	41.21	41.21	41.21	41.21	41.20	0.126	0.999
Body weight (g)	2737 ^{a}	2798^{c}	2780 ^{bc}	27556 ^{ab}	2747 ^{a}	33.2	<0.001
Body weight gain (g)	2696 ^{a}	2757 ^{c}	2739 ^{bc}	2715 ^{ab}	2705 ^{a}	33.2	<0.001
Average daily gain (g)	72.9 ^{a}	74.5 ^{c}	74.0 ^{bc}	73.4 ^{ab}	73.1 ^{a}	0.898	<0.001
Feed intake (g)	3627	3570	3586	3607	3600	94.5	0.854
Feed conversion ratio	1.35^{b}	1.29^{a}	1.31^{ab}	1.33^{ab}	1.33^{ab}	0.035	0.046
EPEF	526	553	555	542	545	25.1	0.214

^{a,b,c} Values on the same row with different superscripts differed (P< 0.05), T1= Inorganic zinc, T2= 100Zn-AA, T3= 75Zn-AA, T4= Zn-AA+ZnO, T5 = Zn-Gly+ZnO, EPEF = (European Production Efficiency Factor) is an index measuring the production efficiency of broiler chickens.

Source: จิตตภณฑ์ และคณะ (2568)

จากงานทดลองของ Khan et al. (2024) ผลการศึกษาพบว่า การเสริม Zinc–glycine (ZnO-80) และ zinc-methionine; ZnM ในระดับ 20, 40 และ 80 มก./กก.) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ พบว่าปริมาณการกินอาหาร (FI) ทั้งตลอดระยะการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าการเสริมสังกะสีจากแหล่งและระดับที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการกินอาหารของไก่เนื้อ น้ำหนักตัว (BW) และ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยไก่เนื้อที่ได้รับสังกะสี Zinc–

methioninในระดับสูง (ZnM-80) มีน้ำหนักตัวสูงสุด และมีค่า FCR ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับสังกะสี Zinc–glycine ดังนั้น การเสริม zinc-methionine ในระดับ 80 มก./กก. เป็นระดับที่เหมาะสม

Table 2. Effect of organic and inorganic sources of Zn on weight gain and FCR (g/chick).

Groups	Control	ZnO-80	ZnM-20	ZnM-40	ZnM-80	P-value
FI, g	3165 ± 1.15	3161 ± 1.52	3162 ± 2.04	3158 ± 1.85	3163 ± 1.52	0.376
BW	1848^{d} ± 3.78	1864^{c} ± 2.30	1854^{d} ± 2.64	1890^{b} ± 2.51	1949^{a} ± 2.00	<0.001
FCR	1.70^{a} ± 0.01	1.69^{b} ± 000	1.70^{a} ± 0.03	1.66^{c} ± 0.02	1.62^{d} ± 0.08	<0.001

Control, ZnO-80 = 80 mg ZnO/kg feed; ZnM-20 = 20 mg ZnM/kg feed; ZnM-40 = 40 mg ZnM/kg feed; ZnM-80 = 80mg/kg.

Source: Khan et al. (2024)

จากงานทดลองของ Saleh et al. (2017) ผลของศึกษาพบว่า การเสริม zinc-methionine (ZM) ในระดับ 0, 25, 50, 100 มก./กก ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณลักษณะซากของไก่เนื้อภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง พบว่า การเสริม zinc-methionine ส่งผลให้น้ำหนักตัวสุดท้าย (BWS) และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกลุ่ม 50 และ 100 มิลลิกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ขณะที่น้ำหนักตัวเริ่มต้น (BW0) และปริมาณการกินอาหารโดยรวมไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง ดังนั้น การเสริม ZM ในระดับของกลุ่ม 50 และ 100 จึงมีความเหมาะสม

Table 3. Effect of dietary zinc-methionine supplementation on growth performance in broilers under high ambient temperature

	Zinc-methionine mg/kg				SEM	P-value
	0	25	50	100		
BW0 (g	54	53	54	53	0.825	NS
BWS (g)	2045^{b}	2145^{b}	2215^{a}	2205^{ab}	85	p <0.05
ADG (g/day)	47.60^{b}	49.81^{ab}	51.45^{a}	51.24^{a}	4.6	p <0.05
FI (g/42 day)	3802^{a}	3765^{ab}	3673^{b}	3679^{b}	88	p <0.05
FCR	1.91^{a}	1.80^{b}	1.70^{c}	1.71^{c}	1.325	p <0.01
BMW %	23.4^{b}	24.6^{b}	28.1^{a}	27.1^{a}	0.85	p <0.05
Liver %	3.14	3.59	3.34	3.17	0.25	NS
Abdominal fat%	1.75^{a}	1.73^{a}	1.38^{b}	1.44^{b}	0.137	p <0.05

Control, ZnO-80 = 80 mg ZnO/kg feed; ZnM-20 = 20 mg ZnM/kg feed; ZnM-40 = 40 mg ZnM/kg feed; ZnM-80 = 80mg/kg. BWS= Body Weight Gain Score BMW= Body Weight Mean Liver=Liver Weight.

Source: Saleh et al. (2017)

ผลของงการเสริม Zinc- methionine ต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก

จากงานทดลองของ จิตตภณฑ์ วาเพชร (2568) ผลของศึกษาพบว่า การเสริม zinc-amino acid complex Zinc–glycine zinc-methionine ในระดับการเสริมต่างกันตั้งแต่ T1 (ระดับต่ำสุด) T2 (ระดับปานกลาง) จนถึง T4 (ระดับสูงสุด) ต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กในไก่เนื้อ พบว่า การเสริมสังกะสีในทุกระดับที่ทดสอบ ไม่ส่งผลต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม เจจูนัม และไอเลียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวแปรด้านโครงสร้างของลำไส้ ได้แก่ ความสูงของวิลไล ความลึกของคริปท์ อัตราส่วนความสูงวิลไลต่อความลึกของคริปท์ และความกว้างฐานของวิลไล ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง ดังนั้น การเสริม zinc-amino acid complex Zinc–glycine zinc-methionine ในระดับ T1–T4 จึงไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กในไก่เนื้อ

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

Items	T1	T2	T4	SEM	P-value
Duodenum					
Villi height (μm)	1798.37	1859.36	1860.30	31.640	0.680
Villi 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					
Villi height (μm)	1251.47	1161.93	1261.91	27.887	0.287
Villi 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					
Villi height (μm)	1066.85	950.82	977.92	27.434	0.201
Villi 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 supplementation 80 mg/kg feed. T2 = Organic zinc supplementation (Zn-amino acid complex - Zn-AA) 105 mg/kg feed. T4 = Mixed zinc supplementation (organic + inorganic - Zn-AA + ZnO) 40 + 40 mg/kg feed (total zinc 80 mg/kg feed).

Source: จิตตภณฑ์ และคณะ (2568)

จากงานทดลองของ Khan et al. (2024) ผลของศึกษาพบว่า การเสริม Zinc–glycine zinc-methionine ในอาหารไก่เนื้อ พบว่า การเสริมสังกะสีมีผลต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กส่วนต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มที่ได้รับสังกะสีอินทรีย์ (ZnM) มีความสูงและความกว้างของวิลลัสเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม ทั้งนี้ กลุ่ม ZnM-80 ให้ค่าความสูงวิลลัส (VH) และความกว้างวิลลัส (VW) สูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม ZnM-40 ขณะที่กลุ่ม ZnO-80, ZnM-20 และกลุ่มควบคุม ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในด้านความลึกของคริปต์ พบว่ากลุ่ม ZnM-80 มีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่กลุ่ม ZnM-20 มีค่าสูงที่สุด ส่งผลให้อัตราส่วน VH:CD ของกลุ่ม ZnM-80 สูงกว่า

กลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การเสริม zinc-methionine ในระดับ 80 มก./กก. จึงเป็นระดับเหมาะสม สามารถปรับปรุงสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กให้มีวิลลัสสูง คริปต์ตื้น และอัตราส่วน VH:CD สูง

Table 5. intestinal histomorphology of broilers fed with organic and inorganic zinc in the ration

Groups	Control	ZnO-80	ZnM-20	ZnM-40	ZnM-80	p value
Villus (μm)	$701^{c} \pm 1.15$	$705^{c} \pm 2.31$	$702^{c} \pm 0.57$	$830^{b} \pm 1.73$	$916^{a} \pm 1.15$	0.0000
Height Villus width (μm)	$140^{c} \pm 1.54$	$140^{c} \pm 1.54$	$139^{c} \pm 1.54$	$146^{b} \pm 1.73$	$151^{a} \pm 1.73$	0.0001
Crypt (μm)	$224^{ab} \pm 0.57$	$221^{b} \pm 1.15$	$225^{a} \pm 0.57$	$217^{c} \pm 1.15$	$210^{d} \pm 1.15$	0.0063
Depth VH:CD	$3.12^{d} \pm 0.03$	$3.18^{c} \pm 0.01$	$3.11^{d} \pm 0.01$	$3.82^{b} \pm 0.04$	$4.36^{a} \pm 0.03$	0.0000

Control, ZnO-80 = 80 mg ZnO/kg feed; ZnM-20 = 20 mg ZnM/kg feed; ZnM-40 = 40 mg ZnM/kg feed; ZnM-80 = 80mg/kg feed. Depth VH:CD = Villus Height to Crypt Depth Ratio

Source: Khan et al. (2024)

จากงานทดลองของ Saleh et al. (2017) ผลของศึกษาพบว่า การเสริม zinc-amino acid complex และ Zinc–glycine ที่ระดับ 30 และ 70 มก./กก. ต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กส่วนวิลลัสของไก่เนื้อ พบว่า การเสริมสังกะสีมีผลต่อโครงสร้างลำไส้อย่างมีนัยสำคัญ โดยไก่ที่ได้รับ Zn-AA_4 ที่ระดับ 30 และ 70 มก./กก. มีความสูงของวิลลัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับ Gly-Zn 30 มก./กก. และกลุ่มที่ได้รับ Zn-AA_4 70 มก./กก. ให้ค่าความสูงของวิลลัสสูงที่สุด นอกจากนี้ พื้นที่ผิวของวิลลัสในกลุ่ม Zn-AA_4 30 และ 70 มก./กก. รวมถึงกลุ่ม Gly-Zn 70 มก./กก. สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่ม Gly-Zn 30 มก./กก. อย่างชัดเจน ดังนั้น การเสริม Zn-AA_4 ในระดับ 30 และ 70 มก./กก. สามารถช่วยเพิ่มการพัฒนาโครงสร้างของวิลลัสในลำไส้เล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่การเสริม Gly-Zn ในระดับต่ำไม่ส่งผลแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน

Table 6. Effect of Zn supplementation on the histomorphology of the jejunum in broilers

Group	BD	Zn-AA_4 .30 mg^{-1}	Zn-AA_4.70^{mg-1}	GlyZn.30mg^{-1}	GlyZn.70mg^{-1}
Villus height [μm]	1284 ± 180^{bd}	1462 ± 360^{a}	1492 ± 330^{a}	1204 ± 240^{b}	1376±310^{c}
Villus surface [μm2]	1523 ± 680^{f}	1923 ± 1370^{ae}	1843 ± 910^{a}	1603 ± 580^{bd}	1843 ± 640^{c}

Zn-AA_4 30 mg–1 = Supplemented with 30 mg of zinc sulfate per kg of feed; Zn-$AA_4$70^{mg-1} = Supplemented with 70 mg of zinc sulfate per kg of feed; Gly-Zn.30mg–= Feed supplemented with 30 mg of zinc glycinate; Gly-Zn.70mg–1 = Feed supplemented with 70 mg of zinc glycinate. (ab — P < 0.001; cd — P < 0.01; ef — P < 0.05)

Source: Lnkut et al. (2017)

สรุป

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การเสริมสังกะสีในอาหารไก่เนื้อในระดับ 20-100 มก/กก. พบว่า ประสิทธิภาพการให้ผลผลิตและผลต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก ความสูงวิลไล ความลึกของคริปท์ ทำให้ปริมาณการกินอาหารและอัตราการเจริญเติบโตของไก่เนื้อเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของลำไส้เล็ก สรุปได้ว่า การเสริม Zinc–methionine ในระดับที่เหมาะสม 50-80 มก/กก. ช่วยให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นและส่งผลต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กของไก่เนื้อ

เอกสารอ้างอิง

Jittapon, W., Rakangthong, C., Loongyai, W. and Kongmun, P. 2025. Effect of zinc-amino acid complex supplementation on productive performance of broiler chicken. **Thai Science and Technology Journal**, 33(2), 47–63.

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. **Veterinary Quarterly**, 44(1), 17.

Levkut, M. Jr., Fukasová, M., Bobíková, K., Levkutová, M., Čobanová, K. and Levkut, M. 2017. The effect of inorganic or organic zinc on the morphology of the intestine in broiler chickens. **Folia Veterinaria**, 61(3), 52–56.

Saleh, A.A., Ragab, M.M., Ahmed, E.A.M., Abudabos, A.M. and Ebeid, T.A. 2018. Effect of dietary zinc-methionine supplementation on growth performance, nutrient utilization, antioxidative properties and immune response in broiler chickens under high ambient temperature. **Journal of Applied Animal Research**, 46(1), 820–827.