

ผลของรูปแบบและระดับสังกะสีในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะสัณฐานวิทยาลำไส้ของไก่เนื้อ
(Effects of Dietary Zinc form and Level on Growth Performance and Intestinal Morphology of
Broilers.)

วิชุดา ดอนมุงคุณ

Wichuda Donmungskhun

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบและระดับสังกะสีในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะสัณฐานวิทยาลำไส้ของไก่เนื้อ ได้ทำการรวบรวมและศึกษาข้อมูลจากเอกสารจำนวน 3 ฉบับ ตั้งแต่ปี 2019-2022 ซึ่งมีการเสริมสังกะสีในอาหารระดับที่ 30-190 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่าการเสริมสังกะสีในรูปแบบอินทรีย์และอนินทรีย์มีผลต่อการเจริญเติบโตและลักษณะสัณฐานวิทยาลำไส้ไก่เนื้อไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การเสริมสังกะสีในอาหารที่ระดับ 70 และ 120 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทำให้การกินได้เพิ่มขึ้นมากกว่าการเสริมที่ระดับ 30 และ 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม นอกจากนี้ พบว่าน้ำหนักตัวของไก่เนื้อจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเสริมสังกะสีในระดับที่สูงขึ้น การเสริมสังกะสีในอาหารไม่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว การเสริมสังกะสีในอาหารระดับ 120 150 และ 190 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทำให้ความสูงของวิลโลเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การเสริมสังกะสีในอาหารตั้งแต่ระดับที่ 120-190 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีผลทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น การกินได้เพิ่มขึ้นและช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของวิลโลในลำไส้เล็ก ดังนั้น ควรเสริมสังกะสีระดับ 120 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในสูตรอาหารไก่เนื้อจึงจะเหมาะสม โดยปกติไก่เนื้อต้องการสังกะสีอยู่ที่ 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

คำสำคัญ : สังกะสี ไก่เนื้อ การเจริญเติบโต ลำไส้เล็ก

บทนำ

การเลี้ยงไก่เนื้อระดับอุตสาหกรรมเป็นงานด้านสัตวบาลที่ต้องมีการจัดการอย่างถูกต้องเหมาะสมเพื่อให้ไก่มีสุขภาพดี สมบูรณ์ แข็งแรงและมีสถานะปลอดโรคอยู่เสมอ เพื่อให้มีประสิทธิภาพการผลิตสูง ได้ผลิตผลที่ดี มีความปลอดภัยต่อการบริโภค มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน (ยูที เอ็นอีเนียร์ อินเตอร์เนชันแนล จำกัด, 2510) ไก่เนื้อมีการเลี้ยงสั้น เมื่อเกิดโรคขึ้นกับไก่แล้วจะทำให้ไก่กินอาหารได้น้อยลง ส่งผลให้ชะงักการเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัวน้อย การวินิจฉัยโรคที่รวดเร็วและการรักษาอย่างทันท่วงทีจะสามารถลดปัญหาดังกล่าวนี้ลงได้ อย่างไรก็ตาม ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่เนื้อนั้น มีการจัดการเพื่อป้องกันการเกิดโรคระบาดจะดีที่สุด ดังนั้น ผู้เลี้ยงไก่จึงให้ความสำคัญกับการป้องกันและควบคุมโรคมากกว่าการรักษา (ประภากร, 2560) โดยทั่วไปในอาหารสัตว์ปีกจะมีแร่ธาตุในปริมาณที่มากกว่าความต้องการขั้นต่ำ สัตว์ปีกต้องการแร่ธาตุในปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ในปริมาณที่เหมาะสม เพราะถ้าแร่ธาตุชนิดใดชนิดหนึ่งมากเกินไปหรือน้อยเกินไป ก็จะทำให้เกิดผลเสียต่อสัตว์ (กานดา, 2556)

สังกะสี (Zn) เป็นแร่ธาตุสำคัญในระบบสิ่งมีชีวิตทั้งหมด ตั้งแต่แบคทีเรีย พืชและสัตว์ ไปจนถึงมนุษย์ และมีบทบาทสำคัญในกิจกรรมทางชีวภาพต่างๆ ในสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์ปีกที่เติบโตอย่างรวดเร็ว (Liu et al., 2011) ตั้งแต่ปี 1994 อัตราการเติบโตของไก่เนื้อมีการปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นความต้องการสังกะสี สำหรับไก่เนื้อจึงต้องได้รับการประเมินใหม่อย่างรอบคอบ นอกจากนี้ มีการใช้สังกะสีระดับที่สูงขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อ เพื่อวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงการเจริญเติบโต (Roy et al., 2014; Akter et al., 2017; Aviagen, 2019) การบริโภคและการดูดซึมสังกะสีที่เพียงพอเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับขบวนการเมตาบอลิซึมและขบวนการทางชีวภาพหลายอย่าง รวมถึงการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ คุณภาพเนื้อสัตว์ และการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันโรค (Salim et al., 2008) นอกจากนี้ มีรายงานว่า การเสริมสังกะสีอินทรีย์ 50 ppm สังกะสีอินทรีย์ต่อสังกะสีอินทรีย์ 70:30 ppm และ 60:40 ppm มีผลทำให้การเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลาซายดีกว่าการเสริมสังกะสีอินทรีย์ในอาหารเพียงอย่างเดียว (ศุภลักษณ์ และคณะ, 2557) การเสริมแร่ธาตุสังกะสีในกระต่ายระหว่างระยะขุนส่งผลต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและเนื้อเมื่อใช้สังกะสีอินทรีย์ (Hecter et al., 2021) การเสริม Zn-methionine ที่ระดับ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในสูตรอาหารลูกแกะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและการย่อยเซลลูโลสได้อย่างมีนัยสำคัญ (Garg et al., 2007) อย่างไรก็ตาม ระดับการเสริมสังกะสีที่เหมาะสมยังหาข้อสรุปไม่ได้ ดังนั้น สัมมนาฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมสังกะสีในอาหารระดับต่างๆต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและสัณฐานวิทยาลำไส้ของไก่เนื้อ

ผลของการเสริมขี้เถ้าหมักในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต

ปริมาณการกินได้ (Feed intake)

Heydar et al. (2022) และ Cristiano et al. (2019) ได้ศึกษารูปแบบการเสริมสังกะสี พบว่ารูปแบบของสังกะสีอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เสริมในอาหารไก่เนื้อมีผลต่อการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ในงานของ Heydar et al. (2022) มีการเสริมสังกะสีในอาหารที่ระดับ 30, 70, 110, 150 และ 190 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่าเมื่อให้ระดับสังกะสีในอาหารมากกว่า 70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทำให้ปริมาณการกินได้สูงกว่าระดับ 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 1) ซึ่งในงานของ Theros et al. (2022) ปริมาณการกินในกลุ่มที่เสริมสังกะสีในระดับที่ 120 มิลลิกรัม/กิโลกรัม การกินได้มากกว่ากลุ่มที่เสริมสังกะสีที่ระดับ 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริมสังกะสีในระดับที่ 80 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 2) เนื่องจากความสามารถในการดูดซึมของลำไส้ลดลง การเสริมสังกะสีสามารถส่งเสริมการกินอาหารและเพิ่มน้ำหนักตัวของสัตว์โดยการแพร่กระจายอย่างรวดเร็วของเซลล์ปมรับรสในเยื่อบุลิ้น ดังนั้น จึงปรับปรุงการกินอาหารและการเพิ่มปริมาณน้ำหนักไก่เนื้อในแต่ละวันได้ Zhu et al. (2021) และงานของ Cristiano et al. (2019) ได้ทำการทดลองโดยใช้ไก่เนื้อที่ป่วยด้วยโรคบิดและเชื้อ *Clostridium perfringens* ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีการเสริมและไม่เสริมสังกะสี ผลพบว่าการกินได้ไม่แตกต่างกัน (Table 3)

Table 1 Effect of dietary Zn supplementation on growth characteristics from LBW (Live body weight), FI (Feed intake), WG (Weight gain), and FCR (Feed conversion ratio) values in male broilers.

Effect	LBW	FI	WG	FCR
	d35, g/b	d1-35, g/b/d	d1-35, g/b/d	d1-35
Zn levels, mg/kg				
30	1832 ^b	89.24 ^b	51.05 ^b	1.748
70	1912 ^a	91.45 ^{ab}	53.38 ^a	1.714
110	1911 ^a	92.32 ^a	53.30 ^a	1.733
150	1919 ^a	93.40 ^a	53.57 ^a	1.744
190	1921 ^a	93.24 ^a	53.63 ^a	1.739
SEM	11.99	0.81	0.34	0.02
<i>P-value</i>	0.001	0.005	0.001	0.658

^{ab} Mean within a column with no common superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

SEM = Standard error of the mean

Source: Heydar et al. (2022)

น้ำหนักตัว (Body weight)

Heydar et al. (2022) และ Cristiano et al. (2019) ได้ศึกษารูปแบบการเสริมสังกะสี พบว่ารูปแบบของสังกะสีอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เสริมในอาหารไก่เนื้อมีผลต่อการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม Heydar et al. (2022) พบว่าการเสริมสังกะสีในระดับที่ 70-190 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทำให้น้ำหนักตัวของไก่เพิ่มขึ้นมากกว่าการเสริมที่ระดับ 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 1) การศึกษาของ Theros et al. (2022) การเสริมสังกะสีในสูตรอาหารระดับที่ 80, 120 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทำให้น้ำหนักตัวของไก่เนื้อสูงกว่าการเสริมที่ระดับ 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 2) การทดลองของ Cristiano et al. (2019) ได้ทำการทดลองโดยใช้ไก่เนื้อที่ป่วยด้วยโรคบิดและเชื้อ *Clostridium perfringens* ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงเสริมหรือไม่เสริมสังกะสีในอาหาร ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่ การใช้สังกะสีในอาหารที่มีปริมาณสูงขึ้นทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เพราะว่า สังกะสีสามารถส่งเสริมการกินอาหารและเพิ่มน้ำหนักของสัตว์โดยเพิ่มความสามารถของเซลล์ภูมิคุ้มกันในเยื่อบุลิ้น นอกจากนี้ยังยืดเวลาการคงอยู่ของอาหารในระบบทางเดินอาหารนานขึ้นทำให้มีการย่อยได้มากขึ้น และสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้นส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว (Zhu et al. 2021)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio)

Heydar et al. (2022) และ Cristiano et al. (2019) ได้ศึกษารูปแบบการเสริมสังกะสี พบว่ารูปแบบของสังกะสีอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เสริมในอาหารไก่เนื้อมีผลต่อการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Heydar et al. (2022) พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในแต่ละระดับที่เสริมตั้งแต่ 30, 70, 110, 150 และ 190 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 1) สอดคล้องกับ Theros et al. (2022) รายงานว่า การเสริมสังกะสีในอาหารทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 2) อีกทั้ง Cristiano et al. (2019) ได้ทำการทดลองโดยใช้ไก่เนื้อที่ป่วยด้วยโรคบิดและเชื้อ *Clostridium perfringens* ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง พบว่าการเสริมหรือไม่เสริมสังกะสีในอาหาร (Table 3) ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) การเสริมสังกะสีในอาหารไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว เมื่อเสริมสังกะสีในปริมาณที่มากขึ้นทำให้มีการเผาผลาญมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่กระบวนการหายใจ การทำงานของอวัยวะภายใน การเคลื่อนไหวร่างกาย ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวได้ (Hidayat et al. 2020)

Table 2 Effect of zinc from and concentration on growth characteristics FI (Feed intake), WG (Weight gain), FCR (Feed conversion ratio) on day 21 and day 35.

Unit		Zinc sulfate			Zinc glycinate			SEM	P values		
		40	80	120	40	80	120		Form	Concentration	Interactions
Day 21											
BW at day 1	g/bird	37.64 ^a	38.25 ^{ab}	39.48 ^b	38.36 ^{ab}	38.89 ^{ab}	38.31 ^{ab}	0.256	0.864	0.076	0.031
BW at day 21	g/bird	687.32	849.03	828.46	721.14	785.02	860.82	29.027	0.983	0.004	0.400
FI	g/bird	1050.30	1109.18	1225.51	1151.21	1210.47	1163.88	26.46	0.281	0.208	0.215
FCR		1.63	1.31	1.48	1.61	1.54	1.35	0.054	0.721	0.089	0.178
Day 35											
BW at day 35	g/bird	2266.49	2348.91	2375.11	2159.24	2248.17	2361.43	34.232	0.076	0.013	0.575
FI	g/bird	3442.50	3597.15	3757.61	3455.24	3562.50	3618.51	47.518	0.436	0.026	0.651
FCR		1.52	1.53	1.59	1.60	1.59	1.53	0.025	0.369	1.000	0.141
Mortality day 1-35		12.5	6.25	2.08	4.17	6.25	8.33	1.465	0.087		

^{abc} Mean within a column with no common superscripts differ significantly (P<0.05)

SEM = Standard error of the mean

Source: Theros et al. (2022)

Table 3 Performance of broiler chickens from 1 to 21 D and 1 to 28 D of age, fed diets supplemented with different sources of Zn under coccidia and *Clostridium perfringens* challenge.

Treatments	BW gain, g 0 to 21	FI, g 0 to 21 D	FCR 0 to 21 D	BW gain, g 0 to 28 D	FI, g 0 to 28 D	FCR 0 to 28 D
No Zn	379	662	1.811	630	1,093	1.802
ZnSO ₄ (97.4 mg/kg)	415	693	1.733	695	1,187	1.815
Proteinate Zn (104 mg/kg)	415	680	1.676	663	1,221	1.771
SEM	36.1	39.3	0.112	77.9	94.0	0.132
P value Zn	0.26	0.70	0.19	0.51	0.58	0.84

SEM = Standard error of the mean

Source: Cristiano et al. (2019)

WG gain: body weight gain; FI: Feed intake; FCR: Feed conversion ratio

ผลของการเสริมสังกะสีต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้

Heydar et al. (2022) และ Cristiano et al. (2019) ได้ศึกษารูปแบบการเสริมสังกะสี พบว่ารูปแบบของสังกะสีอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เสริมในอาหารไก่เนื้อให้ผลต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ของไก่เนื้อที่ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม Heydar et al. (2022) ศึกษาผลการเสริมสังกะสีในอาหารระดับที่ 30, 70, 110, 150 และ 190 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ โดยพบว่ากลุ่มที่เสริมในระดับ 150, 190 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทำให้ความสูงของวิลโลเพิ่มมากขึ้นแตกต่างจากกลุ่มที่เสริมในระดับที่ 30, 70, และ 110 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และอัตราส่วนความสูงของวิลโลต่อความลึกของครีปท์สูงขึ้นตามการเสริมสังกะสีระดับที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 4) งานทดลองของ Theros et al. (2022) พบว่าผลของความเข้มข้นในการใช้สังกะสีในไก่อายุ 21 วัน ไม่มีผลต่อความลึกของครีปท์ และอัตราส่วนความสูงของวิลโลต่อความลึกของครีปท์ แต่พบว่าการเสริมที่ระดับ 120 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่งผลให้ความสูงของวิลโลเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่เสริม 40 และ 80 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 5) สังกะสีจะเข้าไปช่วยในการทำงานของเอนไซม์ มีบทบาทสำคัญในการทำงานทางชีวเคมีที่ซับซ้อน เช่น เมแทบอลิซึมของพลังงาน การหมุนเวียนของโปรตีน การสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกและการเพิ่มจำนวนของเซลล์ (Dibaiee-Nia et al. 2017) อาจทำให้การเสริมสังกะสีในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลต่อการพัฒนาเนื้อเยื่อทางลำไส้ อย่างไรก็ตาม งานของ Cristiano et al. (2019) พบว่าการเสริมหรือไม่เสริมสังกะสีให้ผลไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p > 0.05$) การทดลองนี้ใช้ไก่เนื้อที่ป่วยด้วยโรคบิดและเชื้อ *Clostridium perfringens* จึงทำให้ลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ไก่เนื้อไม่มีการพัฒนา แต่การเสริมสังกะสีจะช่วยลดความรุนแรงจากโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียในระบบทางเดินอาหารได้

Table 4 Effect dietary Zn supplementation on small intestine contain viscosity and jejunum histology in male broilers.

Items	Jejunum histology		
	Villus height	Crypt depth	Villi height/Crypt depth
Zn levels, mg/kg			
30	1106 ^c	200	5.56 ^b
70	1192 ^{bc}	218	5.42 ^b
110	1201 ^{bc}	194	6.18 ^{ab}
150	1269 ^{ab}	197	6.49 ^{ab}
190	1353 ^a	201	6.73 ^a
SEM	33.59	6.77	0.31
<i>p</i> -value	0.01	0.08	0.01

^{abc} Mean within a column with no common superscripts differ significantly (P<0.05)

SEM = Standard error of the mean

Source: Heydar et al. (2022)

Table 5 Effect of zinc form and concentration on intestinal villi/crypts morphologies on day 21 and day 35.

Zn levels, mg/kg	Unit	Day 21			Day 35		
		VL	CD	VL:CD	VL	CD	VL:CD
Zinc sulfate							
40	µm	330.00	65.45	5.49	613.83	66.22	9.40
80	µm	338.33	78.25	4.58	594.08	66.97	8.96
120	µm	387.17	55.38	7.52	582.67	63.45	9.35
Zinc glycinate							
40	µm	303.17	51.32	6.14	554.92	63.97	8.86
80	µm	363.33	66.23	5.59	603.25	71.71	8.53
120	µm	371.83	68.93	5.84	558.83	65.04	8.73
SEM	µm	12.595	3.954	0.395	9.731	1.222	0.141
P values							
Form	µm	0.761	0.514	0.989	0.191	0.706	0.217
Concentration	µm	0.033	0.201	0.093	0.471	0.467	0.742
Interactions	µm	0.498	0.159	0.135	0.331	0.718	0.982

SEM = Standard error of the mean

Source: Theros et al. (2022)

VL: Villi Length; CD: Crypt Depth; VL/CD: Villi Length/Crypt Depth

Table 6 Jejunum morphology of broiler chickens fed diets supplemented with different sources of Zn under coccidia and *Clostridium perfringens* challenge.

	Villus	Crypt	Villi: Crypt
No Zn	798	255	3.64
ZnSO ₄ (97.4 mg/kg)	723	190	3.97
Proteinatinate Zn (104 mg/kg)	682	235	3.63
SEM	60.0	31.91	0.53
P-value	0.14	0.10	0.68

^{abc} Mean within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05)

SEM = Standard error of mean

Source: Cristiano et al. (2019)

สรุป

การเสริมสังกะสีในรูปแบบอินทรีย์และอนินทรีย์มีผลต่อการเจริญเติบโตและลักษณะสัณฐานวิทยาลำไส้ไก่ เนื้อไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การเสริมสังกะสีในอาหารตั้งแต่ระดับที่ 120-190 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีผลทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น การกินได้เพิ่มขึ้นและช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของวิลไลในลำไส้เล็ก ดังนั้น ควรเสริมสังกะสีระดับ 120 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในสูตรอาหารไก่เนื้อจึงจะเหมาะสม โดยปกติไก่เนื้อต้องการสังกะสีอยู่ที่ 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

เอกสารอ้างอิง

กานดา ล้อแก้วมณี. 2556.อาหารสัตว์และการให้อาหาร. สกลนคร. คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรม

เกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

ยูที เอ็นยีเนียร์ อินเทอร์เน็ตออนไลน์ จำกัด. 2510. เทคนิคการเลี้ยงไก่เนื้อระดับอุตสาหกรรม. <https://www.evap-cooling.com>. 13 ธันวาคม 2566.

ประชากร ชารานาย. 2560. การเลี้ยงไก่กระທ. เชียงใหม่. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ศุภลักษณ์ เกตุตากแดด, อรพินท์ จิตสถาพร, และ เรืองวิชัย ยืนพันธ์. 2557. ผลของการเสริมสังกะสีอินทรีย์ในอาหารปลาซวาย ต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกัน. กรุงเทพฯ. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Akter, M., Iji, P.A and Graham, H. 2017. “Increasing zinc levels in phytase-supplemented diets improves the performance and nutrient utilization of broiler chickens”. *SA J an Sci.* 47(5):648–660.

- Aviagen. 2019. Ross 308: broiler nutrition specification. Huntsville (AL): Aviagen.
- Dibaiee-Nia, G., Akbari, M and Karimi, S. 2017. Effects of supplemental zinc in a wheat-based diet on performance, intestinal viscosity, immune system and lipid peroxidation of 21-day old broiler chickens. **Poult Sci J.** 5(1):7–15.
- Garg, A.K., Mudgal, V and Dass, R.S. 2008. “Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs”. **Animal Feed Science and Technology.** 144: 82-96
- Hidayat, C., Sumiati,, Jayanegara A and Wina E. 2020. “Effect of zinc addition on the immune response and production performance of broilers”. **Asian-Australas J Anim Sci.** 33(3):465-479.
- Hecter, L.C., José Guadalupe, H.H., Arturo P.M., Amalio, S.V and Martha Patricia, J.S. 2021 “Effect of source and concentration of zinc on growth performance, meat quality and mineral retention in New Zealand rabbits”. **World Rabbit Sci.** 29: 151-159
- Liu, Z.H., Lu, L., Li, S.F., Zhang, L.Y., Xi, L., Zhang, K.Y and Luo, X.G. 2011. “Effects of supplemental zinc source and level on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers”. **Poult Sci.** 90(8):1782–1790.
- Roy, A., Mandal, G., Pal, K., Samanta, I., Biswas, P and Roy, B. 2014. “Effect of zinc supplementation with or without phytase on performance, mineral accumulation in tissues and immune response of broiler”. **Anim Nutr and Feed Tech.** 14(2):311–319.
- Ng, T.T., Mortada M., Akerele G., Oxford, J.H., Blanchard, A and Selvaraj, R.K. 2022. “Effect of zinc glycinate on growth, immunity, and intestinal health in broiler chickens”. **Animal Feed Science and Technology.** 285.
- Zarghi, H., Golian, A., Hassanabadi, A., and Khaligh, F. 2022. “Effect of zinc and phytase supplementation on performance, immune response, digestibility and intestinal features in broilers fed a wheat-soybean meal diet”. **Italian Jour of Animal Science.** 21(1): 430-444.

Zhu, X., Shang, X., Lin, G. et al. 2021. “Effects of Zing Glycinate on Growth Performance, Serum Biochemical Indexes, and Intestinal Morphology of Yellow Feather Broilers”. **Biol Trace Elem Res.** 200: 4089-4097.