ผลของระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารไก่เนื้อต่อการเจริญเติบโตและแร่ธาตุในกระดูก

Influence of Calcium and Phosphorus Levels on Growth Performance and Bone Mineralization in Broilers

ศรวิษฐา แก้ววิไล

Sornwittha Kaeowilai

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

แคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกาย ช่วยในกระบวนการเมตาบอลิซึม และยังมีบทบาทต่อการสร้างกระดูก เมื่อไก่ขาดแคลเซียมและฟอสฟอรัสหรือได้รับมากเกินไปจะทำให้การเจริญเติบโตและแร่ธาตุในกระดูกลดลง สัมมนาฉบับนี้ศึกษาผลของระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพกระดูกของไก่เนื้อ จากเอกสารวิชาการ 3 ฉบับ ในช่วงปี พ.ศ. 2559–2568 ซึ่งมีการใช้ระดับแคลเซียมในอาหารในช่วง 3.6-9.6 กรัม/กิโลกรัม และฟอสฟอรัส 1.8-4.8 กรัม/กิโลกรัม พบว่าการใช้แคลเซียมที่ระดับ 7.1-7.6 กรัม/กิโลกรัม และฟอสฟอรัสที่ระดับ 3.3-3.8 กรัม/กิโลกรัม ส่งผลดีต่ออัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักตัว อัตราการตาย และคุณภาพกระดูก อย่างไรก็ตามยังพบว่าการใช้แคลเซียมและฟอสฟอรัสในระดับที่สูงกว่ามีผลทำให้การกินได้ของไก่เนื้อดีขึ้น และการใช้แคลเซียมและฟอสฟอรัสในระดับที่ต่ำมีผลดีต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การใช้แคลเซียมที่ระดับ 7.1-7.6 กรัม/กิโลกรัม และฟอสฟอรัสที่ระดับ 3.3-3.8 กรัม/กิโลกรัม เป็นระดับที่เหมาะสมเมื่อเทียบระดับอื่น เนื่องจากมีผลทำให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและแร่ธาตุในกระดูกดีขึ้น โดยไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักตัว และอัตราการตายของไก่เนื้อ

คำสำคัญ: แคลเซียม ฟอสฟอรัส ไก่เนื้อ สมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพกระดูก

บทนำ

ในประเทศไทยไก่เนื้อถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญมีอายุการผลิตที่สั้นให้ผลผลิตเร็วคนทั่วไปนิยมบริโภค ปี 2567 ไทยผลิตไก่เนื้อได้จำนวน 2,051.82 ล้านตัว การผลิตไก่เนื้อของไทยขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และความ ต้องการบริโภคก็ขยายตัวเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2568) ในปัจจุบันรูปแบบการเติบโตของการผลิตไก่เนื้อได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมาเนื่องจากการปรับปรุงพันธุกรรม นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ ความต้องการที่เพิ่มขึ้นในการใช้ทรัพยากรอย่างมีประ สิทธิภาพยืนยันถึงความจำเป็นในการทบทวนและปรับปรุงความต้องการสารอาหารของไก่เนื้ออย่างต่อเนื่อง (Fallah et al. 2019) ปัจจุบันไก่เนื้อมีการเจริญเติบโตเร็วมากแคลเซียมจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาโครงสร้างของ ไก่ (กานดา, 2556) ในโภชนาการสัตว์ปีกแคลเซียมและฟอสฟอรัสทำงานร่วมกันในกระบวนการเมตาบอลิซึมและสุขภาพโครงร่าง (Rath et al., 2000; Sharpley et al., 2007) อาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่ไม่ใช่ไฟเทต (NPP) ไม่เพียงพอ หรือมีความไม่สมดุลในอัตราส่วน Ca:NPP สามารถนำไปสู่ความผิดปกติของโครงร่างและสมรรถภาพการเจริญเติบโตที่บกพร่อง (Applegate et al., 2003; Gautier et al., 2017) ปริมาณแคลเซียม และฟอสฟอรัส ที่สูงในอาหารจะลดค่าพลังงานของอาหารและรบกวนความเป็นประโยชน์ของแร่ธาตุอื่นๆ ซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลงและการสะสมแร่ธาตุในโครงกระดูกล่าช้า (Shafey, 1993; Sebastian et al., 1997; Selle et al., 2009; Bradbury et al., 2014) ในทางกลับกัน การให้อาหารที่มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่ใกล้เคียงกับความต้องการทางโภชนาการของไก่เนื้อสามารถเพิ่มการย่อยได้ของแคลเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งเป็นแนวทางหลักในการลดความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในไก่เนื้อ (Moore, 1998; McGrath et al., 2005) ดังนั้น เพื่อลดการให้อาหารแร่ธาตุหลักเหล่านี้เกินความจำเป็น การประยุกต์ใช้กลยุทธ์ทางโภชนาการที่เหมาะสมเพื่อการใช้แคลเซียมและฟอสฟอรัส อย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็น

ผลของระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่อปริมาณการกินอาหาร (Average daily feed intake ; ADFI)

Kiani et al. (2022) ได้ทำการศึกษาผลของระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันของแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่ไม่ใช่ไฟเตตโดยมีอัตราส่วนคงที่ 2:1 ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพกระดูกของไก่เนื้อพันธุ์ Ross 308 อายุ 1 วัน ทดลองเป็นระยะเวลา 24 วัน โดยใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมที่ 9.6(H), 7.6(M), 5.6(L), และ 3.6(VL) กรัม/กก. และฟอสฟอรัสที่ 4.8(H), 3.8(M), 2.8(L), และ 1.8(VL) กรัม/กก. ของอาหารตามลำดับ พบว่าปริมาณการกินได้ของกลุ่ม H และกลุ่ม M มีค่าการกินได้สูงที่สุดและไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 1) อย่างไรก็ตามกลุ่ม L มีค่าการกินได้อยู่ในระดับปานกลางและยังมากกว่ากลุ่ม VL ที่มีค่าการกินได้น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Ceylan et al. (2020) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการลดระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัส ในอาหารต่อประสิทธิภาพ ผลผลิตเนื้อไก่ และการสร้างแร่ธาตุในกระดูกของไก่เนื้อ โดยใช้แคลเซียมความเข้มข้นที่ระดับ 7.8(T1) เป็นกลุ่มควบคุม, 7.1(T2), 6.5(T3), 6.5(T4),

6.0(T5), 6.0(T6) และ 5.5(T7) กรัม/กก. และฟอสฟอรัสที่ระดับ 3.9(T1) เป็นกลุ่มควบคุม, 3.9(T2), 3.3(T3), 3.3(T4), 3.0(T5), 3.0(T6) และ 3.0(T7) กรัม/กก. ของอาหารตามลำดับ พบว่าปริมาณการกินได้ตลอดช่วง 0-41 วัน กลุ่มทดลอง T2 มีค่าการกินได้สูงที่สุดและมากกว่ากลุ่มควบคุม (T1) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) (Table 2) และกลุ่ม T6 มีค่าการกินได้น้อยที่สุด อย่างไรก็ตามกลุ่มทดลอง T3, T4, T5 และ T7 มีค่าการกินได้ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (T1) อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) (Table 2) ขณะที่ Valable et al. (2017) ได้ทำการศึกษาความสามารถของไก่ในการปรับการใช้อาหารที่มีฟอสฟอรัสและแคลเซียมต่ำ โดยใช้ลำดับการจำกัดฟอสฟอรัสและแคลเซียม ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพกระดูก โดยใช้แคลเซียมความเข้มข้นที่ระดับ 8.5(C: ระดับมาตรฐาน), 5.8(M: ระดับปานกลาง) และ 4.8(L: ระดับต่ำ) กรัม/กก. และฟอสฟอรัสที่ระดับ 3.5(C), 2.9(M) และ 2.4(L) กรัม/กก. และมี 6 กลุ่มการทดลองดังนี้ CC, MM, LL, LC, LM และML พบว่าปริมาณการกินได้ตลอดช่วง 0-37 วัน ของทั้งหกกลุ่มการทดลองไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) (Table 3) จากผลการทดลองทั้งสามงานพบว่าการลดระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในระดับต่าง ๆ ไม่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของไก่เนื้อมากนัก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไก่ยังคงรักษาระดับการกินได้เป็นปกติแม้จะอยู่ในสภาวะที่ได้รับแร่ธาตุต่ำกว่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตามระดับแคลเซียมที่ควรใช้ในอาหารคือ 9.6 กรัม/กก. และฟอสฟอรัส 4.8 กรัม/กก. เพราะในระดับนี้ส่งผลดีต่อการกินได้สูงที่สุด

Table 1 Growth performance and mortality of broiler chickens fed with different diets in

Diets	ADFI (g)	ADG (g)	BW (g)	FCR	Mortality (%)
H	63.7^{a}	38.3^{b}	965^{b}	1.66^{a}	0.83^{b}
M	63.4^{a}	41.7^{a}	1045^{a}	1.52^{b}	0.00^{b}
L	60.4^{b}	40.9^{a}	1026^{a}	1.48^{c}	1.67^{b}
VL	58.0^{c}	38.6^{b}	971^{b}	1.50^{bc}	4.44^{a}
SEM	0.45	0.33	8.0	0.011	1.07
P-value					
Diets	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.01
Linear	<0.0001	0.99	0.99	<0.0001	0.003
Quadratic	0.04	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.02

a,b =Values with different superscripts within the same row indicate a significant difference at P< 0.05. SEM, pooled standard error of the means. Level of significance at P< 0.05.

Source: Kiani et al. (2022)

ผลของระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average daily gain ; ADG)

Valable et al. (2017) พบว่าระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ออัตราการเจริญเติบโตต่อวันของไก่เนื้อแต่ละกลุ่มการทดลองไม่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (Table 3) แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มการทดลอง LM มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงที่สุด ขณะที่ Kiani et al. (2022) พบว่าระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสของกลุ่มทดลอง M และ L มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีที่สุดและไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) (Table 1) และมากกว่ากลุ่ม H และ VL ที่มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) (Table 1) ซึ่งไม่พบความแตกต่างทั้งสองกลุ่มการทดลอง (P>0.05) (Table 1) จากทั้งสองงานพบว่า กลุ่มทดลองที่ใช้แคลเซียมที่ระดับ 4.8-7.6 กรัม/กก. และฟอสฟอรัสในระดับ 2.9-3.8 กรัม/กก. มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของไก่เนื้อดีที่สุด ดังนั้นจึงเป็นระดับที่เหมาะแก่การใช้ในสูตรอาหารเพื่ออัตราการเจริญเติบโตต่อวันที่ดีของไก่เนื้อ

Table 2 Effects of different dietary Ca and non-phytate nPP levels on production performance in broiler chickens.

Items	BWG (g)	FCR	Mortality (%)	FI	Ca intake	NPP intake
T1	2503 ± 18.1^{b}	1.68 ± 0.01^{a}	2.26 ± 0.270	4198 ± 17.7^{ab}	1.38 ± 0.01^{a}	0.69 ± 0.01^{a}
T2	2566 ± 14.2^{a}	1.64 ± 0.01^{b}	2.07 ± 0.39	4209 ± 20.6^{a}	1.25 ± 0.01^{b}	0.62 ± 0.01^{b}
T3	2571 ± 11.6^{a}	1.63 ± 0.01^{b}	2.37 ± 0.45	4196 ± 15.0^{ab}	1.18 ± 0.01^{c}	0.59 ± 0.01^{c}
T4	2567 ± 11.5^{a}	1.63 ± 0.01^{b}	1.51 ± 0.163	4179 ± 12.5^{ab}	1.16 ± 0.01^{d}	0.58 ± 0.01^{d}
T5	2546 ± 18.9^{a}	1.64 ± 0.01^{b}	2.32 ± 0.468	4177 ± 20.1^{ab}	1.11 ± 0.01^{f}	0.56 ± 0.01^{f}
T6	2554 ± 9.98^{a}	1.63 ± 0.01^{b}	1.38 ± 0.362	4164 ± 13.7^{b}	1.14 ± 0.01^{e}	0.57 ± 0.01^{e}
T7	2542 ± 13.7^{a}	1.64 ± 0.01^{b}	1.69 ± 0.299	4174 ± 16.2^{ab}	1.10 ± 0.01^{gf}	0.55 ± 0.01^{gf}
P-Value						
Linear	0.419	0.030	0.104	0.040	<.001	<.001
Quadratic	0.004	0.002	0.919	0.859	.<001	.<001

Values within a row not sharing the same superscript are significantly different (p<.05).

Source: Ceylan et al. (2020)

ผลของระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักตัว (Body weight ; BW)

Ceylan et al. (2020) พบว่าระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักตัวไก่เนื้อที่มีค่าสูงที่สุดคือกลุ่ม T3 และไม่พบความแตกต่างทางสถิติของทั้งหกกลุ่มทดลอง (P>0.05) (Table 2) และทั้งหกกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับ Kiani et al. (2022) ที่พบว่าระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสของกลุ่ม M และ L มีค่าน้ำหนักตัวสูงที่สุด และไม่พบความแตกต่างในทางสถิติของสองกลุ่ม (P>0.05) (Table 1) ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีค่าน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่ม H และ VL อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) (Table 1) ขณะที่ Valable et al. (2017) พบว่าระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักตัวไก่เนื้อของทุกกลุ่มทดลองไม่มีความ

แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (Table 3) อย่างไรก็ตามกลุ่ม LM มีน้ำหนักตัวสูงที่สุด จากทั้งสามงานสรุปได้ว่า การใช้แคลเซียมที่ระดับ 6.5-7.6 กรัม/กก. และฟอสฟอรัสที่ระดับ 3.3-3.8 กรัม/กก. เพราะส่งผลต่อน้ำหนักตัวไก่ที่ดีสุด

ผลของระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ออัตราการตาย (Mortality)

Valable et al. (2017) พบว่ากลุ่มทดลอง (LL) มีอัตราการตายสูงที่สุดในการทดลองแต่เมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับ Kiani et al. (2022) ที่พบว่าอัตราการตายของกลุ่ม VL มีค่าสูงที่สุดและมากกว่ากลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) (Table 1) อย่างไรก็ตามกลุ่ม H, M และ L ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (Table 1) ซึ่งทั้งสองกลุ่มทดลองที่สอดคล้องกันล้วนเป็นกลุ่มที่ใช้แคลเซียมและฟอสฟอรัสในระดับที่ต่ำมาก ขณะที่ Ceylan et al. (2020) พบว่ากลุ่มควบคุม (T1) มีอัตราการตายสูงที่สุดและมากกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งเจ็ดกลุ่มการทดลอง(P>0.05) (Table 2) จากทั้งสามงานสรุปได้ว่า การใช้แคลเซียมที่ระดับ 7.6-8.5 กรัม/กก. และฟอสฟอรัสที่ระดับ 3.5-3.8 กรัม/กก. ในอาหารเป็นระดับที่เหมาะสมเพราะ มีอัตราการตายที่ต่ำและเป็นผลดีต่อสุขภาพองไก่เนื้อ

Table 3 Effect 0f calcium and non-phytate phosphorus on broiler chicken overall growth performance.

Parameters	Final BW (g)	ADG (g/d)	ADFI (g/d)	FCR	Mortality (%)
CC	2468	64.46	101.6	1.570	1.49
MM	2450	63.97	102.5	1.603	2.05
LL	2441	63.85	101.7	1.592	2.35
ML	2444	63.83	102.1	1.599	2.26
LC	2463	64.78	102.1	1.576	1.67
LM	2483	65.21	102.5	1.573	1.88
SEM	30	0.77	1.2	0.018	0.91

C = standard commercial levels of Ca and nPP (positive control); M = mid-levels of Ca and nPP; L= low levels;

Source: Valable et al. (2017)

ผลของระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio ; FCR)

Ceylan et al. (2020) พบว่าระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของกลุ่มควบคุม (T1) มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงที่สุดและมากกว่ากลุ่มทดลองทั้งหกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) (Table 2) และกลุ่ม T3, T4, และ T6 มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลอง T2-T7 ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (P>

0.05) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับ Kiani et al. (2022) ที่พบว่าระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของกลุ่มควบคุม (H) มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงที่สุดและมากกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) (Table 1) และกลุ่ม L มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามกลุ่มทดลองอื่นๆมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) (Table 1) โดยเรียงจากมากไปน้อย M, VL และ L ตามลำดับ ขณะที่ Valable et al. (2017) พบว่าระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) (Table 3) และกลุ่มที่มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงที่สุดคือกลุ่ม MM และน้อยที่สุดคือกลุ่ม CC จากทั้งสามงานสรุปได้ว่า การใช้แคลเซียมที่ระดับ 5.6-6.5 กรัม/กก. และฟอสฟอรัสที่ระดับ 2.8-3.3 กรัม/กก. ในอาหารเหมาะสมต่อการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

ผลของระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่อแร่ธาตุในกระดูก (Bone Characteristics)

Ceylan et al. (2020) พบว่าระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่อคุณภาพกระดูกของกลุ่มทดลองทุกกลุ่มไม่มีเปอร์เซ็นเถ้ากระดูกที่แตกต่างกัน และไม่พบความแตกต่างทางสถิติของทั้งเจ็ดกลุ่มทดลอง (P>0.05) (Table 5) ซึ่งสอดคล้องกับ Kiani et al. (2022) ที่พบว่าข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพกระดูกของกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) (Table 4) ขณะที่ Valable et al. (2017) พบว่ากลุ่มทดลองที่ลดระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสมีค่าเปอร์เซ็นเถ้ากระดูกมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) (Table 6) จากทั้งสามงานสรุปได้ว่า ระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่ลดลงไม่ส่งผลต่อคุณภาพกระดูกของไก่เนื้อ อย่างไรก็ตามหากต้องการคุณภาพกระดูกที่ดีควรใช้แคลเซียมที่ระดับ 7.1-7.6 กรัม/กก. และฟอสฟอรัสที่ระดับ 3.8-3.9 กรัม/กก. เพราะมีผลดีต่อคุณภาพกระดูก

Table 4 Bone parameters of broiler chickens fed with different diets.

Diets	Tibia			
	Calcium (%)	Phosphorus (%)	Length (mm/100g)	Width (mm/100g)
H	39.4	18.7	5.93	0.75
M	39.1	19.5	5.62	0.69
L	38.8	19.8	5.54	0.69
VL	38.2	19.3	5.71	0.70
SEM	0.24	0.32	0.168	0.019
P-value				
Diets	0.009	0.12	0.41	0.05
Linear	0.001	0.17	0.33	0.05
Quadratic	0.51	0.04	0.17	0.05

SEM = standard error of the mean.

Source: Kiani et al. (2022)

Table 5 Bone parameters of broiler chickens fed with different diets.

Items	Tibia		
	Tibia weight	Tibia ash	Tibia phosphorus
T1	0.43 ± 0.01	36.59 ± 0.48	17.36 ± 0.07
T2	0.44 ± 0.01	36.13 ± 0.43	17.44 ± 0.07
T3	0.43 ± 0.01	36.15 ± 0.52	17.45 ± 0.08
T4	0.42 ± 0.01	36.25 ± 0.48	17.25 ± 0.06
T5	0.42 ± 0.01	36.04 ± 0.46	17.03 ± 0.06
T6	0.43 ± 0.01	35.07 ± 0.58	16.93 ± 0.16
T7	0.44 ± 0.01	35.74 ± 0.54	17.01 ± 0.07
P-value			
Linear	.441	.102	.211
Quadratic	.125	.084	.105

Calcium and non-phytate phosphorus as percentage of recommended levels for starter/grower/ finisher.

Source: Ceylan et al. (2020)

Table 6 Bone parameters of broiler chickens fed with different diets.

Parameters	Calcium		Phosphorus	
	Tibia ash weight (g/g)	Toe ash weight (g/g)	Tibia ash weight (g/g)	Toe ash weight (g/g)
CC	0.072	0.008	0.177	0.020
MM	0.088	0.011	0.177	0.021
LL	0.089	0.011	0.181	0.022
ML	0.090	0.011	0.183	0.021
LC	0.079	0.010	0.186	0.023
LM	0.093	0.011	0.186	0.023
SEM	0.003	0.001	0.007	0.001

C = standard commercial levels of Ca and nPP (positive control); M = mid-levels of Ca and nPP;

L= low levels**.**

Source: Valable et al. (2017)

สรุป

ระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารไก่เนื้อที่เหมาะสมที่สุดต่อสมรรถภาพการผลิตโดยรวม การเจริญเติบโต น้ำหนักตัว อัตราการรอดตาย และคุณภาพกระดูก คือระดับแคลเซียมที่ 7.1-7.6 กรัม/กก. และ

ฟอสฟอรัส 3.3-3.8 กรัม/กก. ขณะที่ระดับแร่ธาตุที่ต่ำกว่า แคลเซียม 5.36-6.5 กรัม/กก. ฟอสฟอรัส 2.85-3.3 กรัม/กก. ส่งผลต่อ FCR ดีที่สุด ส่วนการใช้แคลเซียมระดับสูง 9.6 และฟอสฟอรัส 4.8 กรัม/กก. จะส่งผลดีแค่เฉพาะการกระตุ้นปริมาณการกินอาหารเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

Ceylan, N., Koca, S., Yavaş, İ., Çenesiz, A., Kahraman, N. and Özlü, 2020. “Response of modern broiler chickens to dietary calcium and phosphorus levels below recommendations”. **Italian Journal of Animal Science**, 19(1), 1244–1252. https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1819171.

Kiani, F., & Taheri, M. 2022. “Effect of Different Dietary Levels of Calcium and Non-Phytate Phosphorus, with a Constant Ratio of 2:1, in Starter and Grower Periods on Performance of Broiler Chickens”. **International Journal of Poultry Science.**

Valable, A. S., Narcy, A., Duclos, M. J., Pomar, C., Page, G., Nasir, Z., Magnin, M and Létourneau-Montminy, M. P. 2017. “Effects of dietary calcium and phosphorus deficiency and subsequent recovery on broiler chicken growth performance and bone characteristics”. **Animal. 705.**