

ผลของระดับแคลเซียมในอาหารที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสต่อสมรรถนะการผลิตไก่เนื้อ  
(Effects of Calcium Levels in Diets with Phytase Enzyme on Broiler Productive Performance)

อภิชาติ ภูสังข์

Aphichat Phusang

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

---

**บทคัดย่อ**

แคลเซียมเป็นส่วนประกอบหลักของร่างกาย ช่วยในกระบวนการเมตาบอลิซึม และยังมีบทบาทต่อการสร้างกระดูก เมื่อไก่ขาด Ca จะทำให้การเจริญเติบโตลดลง การเสริม Ca อาจทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ดังนั้น สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ Ca ต่อสมรรถนะการผลิตไก่เนื้อ จากการศึกษางานวิจัย 3 ฉบับตั้งแต่ปี 2014 - 2017 ซึ่งมีการเสริม Ca ตั้งแต่ 1.43 – 3.75 เท่าของฟอสฟอรัสที่ย่อยได้ และ 4 - 10 ก./กก. อาหาร โดยอาหารของทุกกลุ่มการทดลองมีการเสริมเอนไซม์ไฟเตส พบว่าการใช้ Ca ในระดับที่สูงขึ้น จะทำให้ปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโตลดลง ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และถ้ากระดูกเพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่าระดับการเสริม Ca ในอาหารไก่เนื้อไม่ควรเกิน 8 ก./กก. อาหาร หรือสัดส่วน Ca ต่อ P ที่ย่อยได้ไม่ควรเกิน 2.14 ทั้งนี้ ระดับการเสริม Ca ขึ้นอยู่กับระดับ Ca และ P ในอาหารปกติของไก่ด้วย

---

**คำสำคัญ :** แคลเซียม, เอนไซม์ไฟเตส, ไก่เนื้อ, การเจริญเติบโต

## บทนำ

ในประเทศไทยไก่เนื้อถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญมีอายุการผลิตที่สั้นให้ผลผลิตเร็วคนทั่วไปนิยมบริโภค ปี 2566 ไทยผลิตไก่เนื้อ 1,781.55 ล้านตัว หรือ 2.8 ล้านตัน การผลิตไก่เนื้อของไทยขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และความ ต้องการบริโภคก็ขยายตัวเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ผู้ผลิตจึงมีการพัฒนาการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งอาหาร วัสดุคืบ และการจัดการ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากร ปัจจุบันไก่เนื้อมีการเจริญเติบโตเร็วมากแคลเซียมจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาโครงสร้างของ ไก่ (กานดา, 2556) แคลเซียม (Calcium) เป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ในร่างกายของไก่มี แคลเซียมมากกว่าแร่ธาตุชนิดอื่น ถึง 99% อยู่ในกระดูกและฟัน จำเป็นสำหรับการสร้างกระดูก เมื่อไก่ขาดแคลเซียม จะทำให้การเจริญเติบโตลดลง (ประภาร, 2560) และการเจริญเติบโตที่ลดลงทำให้ไม่คุ้มกับการลงทุน จึงมีแนว ทางการแก้ปัญหาคือการเสริมแคลเซียม

เอนไซม์ไฟเตสถูกค้นพบโดย Suzuki และคณะในปี ค.ศ. 1907 ไฟเตสจะจับกับโปรตีน และแร่ธาตุหลายชนิด เช่น เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส เป็นเอนไซม์ที่มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เพื่อสลายพันธะฟอสโฟโมโนเอสเทอร์กับกรดไฟติก (phytic acid) ทำให้ได้สาร inorganic phosphates ออกมาโดย สามารถทำปฏิกิริยากับ phytic acid และได้ผลิตภัณฑ์เป็นหมู่ฟอสเฟต และอะตอมของโลหะต่าง ๆ ที่จับอยู่กับ phytic acid เอนไซม์ไฟเตสจึง ถูกนำมาผสมในอาหารสัตว์จำพวกสัตว์กระเพาะเดี่ยวเพื่อช่วยในการย่อย phytate ทำให้ได้ ธาตุฟอสฟอรัสและ แร่ธาตุอื่น ๆ ที่จับอยู่กับโมเลกุล phytate ออกมา ซึ่งทำให้สัตว์สามารถดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสและ แร่ธาตุต่าง ๆ เหล่านั้นไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ (ซุตาภา, 2561) แต่ยังไม่มีการสรุปว่าต้องใส่ แคลเซียมมากน้อยเพียงใดเมื่ออาหารสัตว์มีการเสริมเอนไซม์ไฟเตส (วิษณุ, 2559) ดังนั้นสมมติฐานนี้จึงมี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลระดับแคลเซียมในอาหารที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสต่อสมรรถนะการผลิตไก่เนื้อ

### ผลของระดับแคลเซียมในอาหารที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสต่อการกินได้

Amerah et al. (2014) ทำการเลี้ยงไก่เนื้อเพศผู้สายพันธุ์ Ross 308 อายุ 1 วัน จำนวน 384 ตัว โดยการ เสริมเอนไซม์ไฟเตส 2 ระดับ 0 และ 1000 FTU/kg อาหาร และเสริม Ca ในระดับ 1.43, 2.14, 2.86 และ 3.57 เท่า ของ Phosphorus ที่ย่อยได้ พบว่าในกลุ่มทดลองที่ไม่มีการเสริมเอนไซม์ไฟเตสในอาหารมีปริมาณการกินได้ลดลงตาม ระดับ Ca ที่เพิ่มขึ้น ( $P < 0.0001$ ) ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกันกับกรณีที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสในอาหาร (Table 1.) ซึ่งสอดคล้อง กับ Kim et al. (2017a) ที่ทำการทดลองเลี้ยงไก่เนื้อเพศผู้สายพันธุ์ Ross 308 อายุ 1 วัน จำนวน 2100 ตัว เป็น เวลา 21 วัน โดยเสริม Ca ระดับ 6, 7, 8, 9 และ 10 ก./กก. อาหาร และเสริมเอนไซม์ไฟเตส 1000 FTU/kg อาหาร ทุกกลุ่มการทดลอง พบว่าการกินลดลงเป็นแนวเส้นตรง ตามระดับการเสริม Ca ที่มากขึ้น ( $P < 0.01$ ) ในขณะที่ Kim et al. (2017b) ทำการทดลองเลี้ยงไก่เนื้อเพศผู้สายพันธุ์ Ross 308 จำนวน 1800 ตัว เป็นเวลา 35 วัน โดยเสริม Ca ระดับ 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ก./กก. อาหาร และเสริมเอนไซม์ไฟเตส 1000 FTU/kg อาหารทุกกลุ่มการทดลองมี ปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน ( $P = 0.82$ ) สรุปได้ว่าเมื่อเสริม Ca ในระดับที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง

ทั้งนี้ ถ้า Ca ดุดซึ่มมาก ร่างกายจะพยายามรักษาสสมดุล P และ Ca ส่งผลให้ P ดุดซึ่มน้อยลง เกิดภาวะขาด P มีผลต่อการกินอาหารของสัตว์ลดลง (Goodrich et al., 1985)

**Table 1.** Effect of varying dietary Ca:available P (AvP) ratios and microbial phytase on the weight gain (g/bird), feed intake (g/bird), and feed conversion ratio (g/g) in broilers fed a corn/soy-based diet (5–21 d posthatch)<sup>1</sup>

Item	Phytase (FTU/kg)	Weight gain	Feed intake	Feed conversion ratio
Ca:AvP ratio				
1.43	0	614	819	1.337
2.14	0	589	791	1.345
2.86	0	500	687	1.375
3.57	0	404	596	1.482
1.43	1,000	679	862	1.269
2.14	1,000	688	877	1.274
2.86	1,000	650	854	1.316
3.57	1,000	607	745	1.234
SEM <sup>2</sup>		9.0	24	0.04
Main effect				
Ca:AvP ratio				
1.43		646	841	1.303
2.14		639	834	1.309
2.86		575	770	1.345
3.57		496	670	1.358
Phytase (FTU/kg)				
0		572	723	1.384
1,000		658	834	1.273
P ≤				
Ca:AvP		<0.0001	<0.0001	0.1164
Phytase		<0.0001	<0.0001	0.0003
Ca:AvP × phytase		<0.0001	0.0176	0.0406
Ca:AvP (linear) <sup>3</sup>		<0.0001	<0.0001	<0.0001
Ca:AvP (quadratic) <sup>3</sup>		0.0077	0.0141	0.1088

<sup>1</sup>Each value represents the mean of 6 replicates (8 birds per replicate). FTU = phytase units.<sup>2</sup>Pooled SEM.<sup>3</sup>Orthogonal polynomial contrasts were used to assess the significance of linear or quadratic models to describe the response in the dependent variable to Ca:AvP level with or without added phytase.

**Source :** Amerah et al. (2014)

### ผลของระดับแคลเซียมในอาหารที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสต่อการเจริญเติบโต

Amerah et al. (2014) พบว่าสัดส่วนในการให้ Ca มากขึ้นทำให้การเจริญเติบโตลดลงเป็นแนวเส้นตรง (Table 1.) ซึ่งสอดคล้องกับ Kim et al. (2017a) ที่การเจริญเติบโตลดลงเป็นแนวเส้นตรงเช่นกัน (Table 2.) ในขณะที่ Kim et al. (2017b) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน จึงสรุปได้ว่าอัตราการเจริญเติบโตลดลงเป็นแนวเส้นตรงตามระดับ Ca ที่ใช้เพิ่มมากขึ้นเนื่องจาก Ca และ P มีผลต่อการดูดซึมซึ่งกันและกัน ปกติสัดส่วน Ca:P ควรอยู่ที่ 2.5 :1 (ประภากร, 2560) ถ้ามีระดับ Ca ที่มากเกินไปจะลดการดูดซึมลง (Irving, 1964) ทำให้มีการเจริญเติบโตลดลงเป็นแนวเส้นตรง (Kim et al. 2017b)

**Table 2.** Effect of dietary Ca concentrations in phytase-containing diets on growth performance of starting broiler chickens during 21-d experiment.

Items	Dietary Ca concentrations (g/kg)					SEM	P-value		
	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0		T	L	Q
BW gain (g)	884 <sup>a</sup>	840 <sup>ab</sup>	815 <sup>ab</sup>	790 <sup>b</sup>	697 <sup>c</sup>	25.0	<0.01	<0.01	0.30
Feed intake (g)	1210 <sup>a</sup>	1179 <sup>ab</sup>	1125 <sup>ab</sup>	1121 <sup>b</sup>	1036 <sup>c</sup>	26.4	<0.01	<0.01	0.46
G:F <sup>3</sup> (g/kg)	736 <sup>a</sup>	712 <sup>ab</sup>	725 <sup>ab</sup>	703 <sup>bc</sup>	673 <sup>c</sup>	10.9	<0.01	<0.01	0.27
Mortality (%)	2.9	4.8	5.7	3.6	5.0	1.07	0.36	0.37	0.32

<sup>a-c</sup> Means with different superscripts within a column in dietary treatments are different ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>Data are least squares means of 6 observations per treatment. <sup>2</sup> T = Overall effects of treatments; L = Linear effects of increasing concentrations of Ca in diets; Q = Quadratic effects of increasing concentrations of Ca in diets. G:F, feed efficiency (gain:feed, g/kg).

**Source :** Kim et al. (2017a)

### ผลของระดับแคลเซียมในอาหารที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักร่างกาย

Amerah et al. (2014) พบว่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักร่างกาย (FCR) ไม่แตกต่างกันทางสถิติทุกกลุ่มทดลอง ( $P < 0.0001$ ) ซึ่งสอดคล้องกันกับ Kim et al. (2017b) พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักร่างกาย (FE) ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน ในขณะที่ Kim et al. (2017a) พบว่ากลุ่มที่เสริม Ca 6 อาหาร มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักร่างกาย (G:F) ดีกว่ากลุ่มที่เสริม Ca ระดับ 9 และ 10 ก./กก. อาหาร แต่ไม่แตกต่างในระดับ 7 และ 8 ก./กก.อาหาร จึงสรุปได้ว่าการใช้ Ca ระดับ 9 และ 10 ก./กก. อาหาร ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักร่างกาย ทั้งนี้ เมื่อปริมาณ Ca ในอาหารสูงเกินไปไฟเตสจะทำให้ลดการดูดซึมของฟอสฟอรัส โดยสร้างองค์ประกอบกับ Ca ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Irving, 1964)

**Table 3.** Effects of dietary calcium concentrations in low non-phytate phosphorus diets containing phytase on growth performance of growing broiler chickens<sup>1)</sup>

Items	Dietary Ca concentrations (g/kg)						SEM	p-value		
	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0		T	L	Q
FBW (g)	1,931	1,964	1,912	1,954	1,888	1,889	29.1	0.32	0.11	0.42
BWG (g)	971	1,004	951	988	924	928	32.1	0.43	0.13	0.54
FI (g)	1,684	1,691	1,669	1,710	1,660	1,694	27.6	0.82	1.00	0.93
FE (g/kg) <sup>3)</sup>	577	593	569	578	556	548	14.8	0.32	0.05	0.42
M (%)	0.3	2.7	1.3	2.7	2.3	2.3	0.88	0.37	0.17	0.35

SEM, standard error of the mean. <sup>1)</sup> Data are least squares means of 6 observations per treatment. <sup>2)</sup> T, overall effects of treatments; L, linear effects of increasing concentrations of Ca in diets; Q, quadratic effects of increasing concentrations of Ca in diets. <sup>3)</sup> Gain to feed ratio. FBW, Final body weight; BWG, Body weight gain; FI, Feed intake; FE, Feed efficiency; M, Mortality.

**Source :** Kim et al. (2017b)

**Table 4.** Effect of dietary Ca concentrations in phytase-containing diets on tibia characteristics of starting broiler chickens.<sup>a</sup>

Items	Dietary Ca concentrations (g/kg)					SEM	P-value		
	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0		T	L	Q
Tibia ash (%)	52.3	54.2	53.2	53.6	53.1	0.52	0.12	0.56	0.08
Tibia Ca (%)	23.4	23.6	23.0	24.7	24.7	1.22	0.80	0.34	0.68
Tibia P (%)	13.1	13.6	12.2	13.6	13.1	0.49	0.27	0.97	0.76
Tibia breaking strength (kg/cm <sup>2</sup> )	16.9	16.4	17.8	20.9	16.0	2.50	0.58	0.71	0.44

<sup>a</sup> Data are least squares means of 6 observations per treatment. <sup>b</sup> T = Overall effects of treatments; L = Linear effects of increasing concentrations of Ca in diets; Q = Quadratic effects of increasing concentrations of Ca in diets.

**Source :** Kim et al. (2017b)

### ผลของระดับแคลเซียมในอาหารที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสต่อกระดูก

Kim et al. (2017a) พบว่าแคลเซียมในอาหารที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสต่อกระดูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติทุกกลุ่มการทดลอง เช่นเดียวกับ Kim et al. (2017b) พบว่า กระดูกไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน ในขณะที่ Amerah et al. (2014) พบว่า เมื่อ Ca เพิ่มขึ้นกระดูกลดลง เมื่อ Ca เสริมเอนไซม์ไฟเตส 0 FTU/kg อาหาร กระดูกเพิ่มขึ้นเป็นแนวเส้นตรงเมื่อ Ca เสริมเอนไซม์ไฟเตส 1000 FTU/kg อาหาร จึงสรุปได้ว่ากระดูกเพิ่มขึ้นเป็นแนวเส้นตรงเมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส 1000 FTU/kg อาหาร ทั้งนี้ Ca ระดับ 6-10ก./กก. อาหาร มีผลในการสร้างความแข็งแรงของกระดูกจำเป็นต้องมีปริมาณ Ca มากขึ้นเพื่อเพิ่มมวลกระดูกจึงจะมีความแตกต่างกัน (Kim et al. 2017b)

**Table 5.** Effect of varying dietary Ca:available P (AvP) ratios and microbial phytase on energy digestibility (%), phytate degradation (%), Ca and P digestibility (%), and bone ash (%) of broilers fed a corn/soy-based diet<sup>1</sup>

Item	Phytase (FTU/Kg)	Gross energy Digestibility (%)	Phytate Digestibility (%)	Ca Digestibility (%)	P Digestibility (%)	Bone Ash (%)
Ca:AvP ratio						
1.43	0	67.4	51.4	53.8	61.5	43.9
2.14	0	64.6	40.4	50.4	52.5	41.1
2.86	0	66.8	43.7	54.9	55.3	39.3
3.57	0	65.8	39.8	61.8	51.2	38.0
1.43	1,000	74.6	88.4	56.1	80.4	45.1
2.14	1,000	74.1	75.2	40.7	72.4	47.6
2.86	1,000	69.7	76.2	49.3	67.6	48.6
3.57	1,000	73.9	75.9	58.6	67.6	46.8
SEM <sup>2</sup>		1.5	2.6	2.2	2.2	0.7
Main effect						
Ca:AvP ratio						
1.43		71.0	69.9	55.0	71.0	44.5
2.14		69.4	57.8	45.6	62.5	44.4
2.86		68.3	59.9	52.1	61.5	43.9
3.57		69.9	57.9	60.2	59.2	42.4
Phytase (FTU/kg)						
0		66.2 <sup>b</sup>	43.8 <sup>b</sup>	55.2	55.1	40.6
1,000		73.1 <sup>a</sup>	78.9 <sup>a</sup>	51.2	71.9 <sup>a</sup>	47.0
P-value						
Ca:AvP		0.3795	0.0006	0.0932	<0.0001	0.005
Phytase		<0.0001	<0.0001	0.1676	<0.0001	<0.0001
Ca:AvP × phytase		<0.6935	0.7821	0.6362	0.2759	<0.0001
Ca:AvP (linear)		<0.1514	0.0003	0.0613	<0.0001	0.0268
Ca:AvP (quadratic)		0.1514	0.0059	0.0016	0.0568	0.2950

<sup>a,b</sup>Means in a column not sharing a common superscript are different (P < 0.05). <sup>1</sup>Each value represents the mean of 6 replicates (8 birds per replicate). FTU = phytase units. <sup>2</sup>Pooled SEM. <sup>3</sup>Orthogonal polynomial contrasts were used to assess the significance of linear or quadratic models to describe the response in the dependent variable to Ca:AvP level with or without added phytase.

**Source :** Amerah et al. (2014)

**Table 6.** Effects of dietary calcium concentrations in low non-phytate phosphorus diets containing phytase on tibia characteristics of growing broiler chickens<sup>1)</sup>

Items	Dietary Ca concentrations (g/kg)						SEM	p-value <sup>2)</sup>		
	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0		T	L	Q
Tibia ash (%)	52.1	52.0	52.7	51.4	52.5	53.3	0.47	0.13	0.13	0.18
Tibia Ca (%)	42.5 <sup>c</sup>	46.4 <sup>b</sup>	49.7 <sup>a</sup>	47.6 <sup>ab</sup>	48.4 <sup>ab</sup>	48.4 <sup>ab</sup>	1.08	<0.01	<0.01	<0.01
Tibia P (%)	26.0 <sup>c</sup>	27.8 <sup>b</sup>	28.8 <sup>ab</sup>	28.8 <sup>ab</sup>	29.2 <sup>a</sup>	29.0 <sup>ab</sup>	0.44	<0.01	<0.01	<0.01
Tibia bs (kg/cm <sup>2</sup> )	20.4	19.5	22.3	20.1	23.7	22.0	1.87	0.60	0.24	0.97

SEM, standard error of the mean. <sup>1)</sup> Data are least squares means of 6 observations per treatment. <sup>2)</sup> T, overall effects of treatments; L, linear effects of increasing concentrations of Ca in diets; Q, quadratic effects of increasing concentrations of Ca in diets. <sup>a-c</sup> Means with different superscripts within a row are different (p < 0.05).

Source : Kim et al. (2017b)

### สรุป

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสริม Ca ในอาหาร 3 ฉบับ โดยมีสัดส่วน Ca:aP 1.43, 2.14, 2.86, 23.57 และ Ca ระดับ 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ก./กก. อาหาร มีปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโตลดลง ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และเถ้ากระดูกเพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่า ระดับการเสริม Ca ในอาหารไก่ เนื้อไม่ควรเกิน 8 ก./กก. อาหาร หรือสัดส่วน Ca ต่อ P ที่ย่อยได้ไม่ควรเกิน 2.14 ทั้งนี้ ระดับการเสริม Ca ขึ้นอยู่กับระดับ Ca และ P ในอาหารปกติของไก่ด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- กานดา ศรีสุข. 2556 “ความต้องการแคลเซียมและฟอสฟอรัสในไก่เนื้อ” วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 44(3), 527-534.
- ชุดาภา ภูระหงษ์. 2561 “บทบาทของเอนไซม์ไฟเตสในอาหารสัตว์” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 12(2), 1-11.
- ประภากร วงศ์สุรวัฒน์. 2560 “ความสำคัญของแคลเซียมในไก่” วารสารสัตว์ปีก, 33(2), 12-15.
- วิษณุ วงศ์พิทักษ์. 2559 “บทบาทของเอนไซม์ไฟเตสในอาหารสัตว์” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 10(3), 1-12.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566 “ภาวะเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2566” <https://www.oae.go.th/>. 20 มกราคม

- Amerah, A. M., Plumstead, P. W., Barnard, L. P., and Kumar, A. 2014. "Effect of calcium level and phytase addition on ileal phytate degradation and amino acid digestibility of broilers fed corn-based diets" **Poultry Science**, 93(4), 906-915.
- Goodrich, R. D., Veum, T. L., and Nelson, T. S. 1985. Effect of dietary calcium and phosphorus levels on the performance of broiler chicks. **Poultry Science**, 64(10), 1985-1991.
- Irving, J. T. 1964. "The effects of excess calcium on the absorption of other minerals" **The American Journal of Clinical Nutrition**, 14(4), 234-237.
- Kim, J. H., Han, G. P., Shin, J. E., and Kil, D. Y. 2017. "Effect of dietary calcium concentrations in phytase-containing diets on growth performance, bone mineralization, litter quality, and footpad dermatitis score in broiler chickens". **Animal Feed Science and Technology**, 229, 13-18.
- Kim, J. H., Jung, H., Pitargue, F. M., Han, G. P., Choi, H. S., and Kil, D. Y. 2017. "Effect of dietary calcium concentrations in low non-phytate phosphorus diets containing phytase on growth performance, bone mineralization, litter quality, and footpad dermatitis incidence in growing broiler chickens". **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 30(7), 979.