

ผลการเสริมอนุภาคนาโนเคอร์คูมินต่อสมรรถภาพการผลิตและสารต้านอนุมูลอิสระ
Effects of Curcumin nanoparticle supplementation on antioxidant
and production performance

ศกลวรรณ แก้วพาปราบ

Saglonwan Gaewpaparb

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อ ให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพการผลิตเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต การป้องกัน และรักษาโรค จึงมีการใช้ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดเชื้อรา ยังช่วยในการย่อยอาหาร และยับยั้งจุลินทรีย์ ดังนั้นสมมติฐานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมอนุภาคนาโนของขมิ้นชันต่อสมรรถภาพการผลิตและสารต้านอนุมูลอิสระ ทำการรวบรวมและศึกษาเอกสาร วิชาการจำนวน 3 ฉบับ ตั้งแต่ปี 2020-2023 โดยมีการเสริมอนุภาคนาโนของขมิ้นชัน ในอาหารที่ระดับต่างๆ (0, 2.5 ,25 ,50 ,100) และ (200 มก./กก.) พบว่าการเสริมอนุภาคนาโนของขมิ้นชันในอาหารที่ระดับ 2.5-100 มก./กก. ส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อดีขึ้นและยังส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตและสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ควรเสริมที่อนุภาคนาโนของขมิ้นชันในอาหารที่ระดับ 2.5-100 มก./กก. เพื่อส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อ

คำสำคัญ : อนุภาคนาโน ขมิ้นชัน สมรรถภาพการผลิต สารอนุมูลอิสระ ไก่เนื้อ

บทนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกเนื้อไก่และผลิตภัณฑ์เป็นอันดับ 4 ของโลก มีการกำกับควบคุมคุณภาพมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์เป็นที่ยอมรับในระดับโลก ประเทศคู่ค้าให้ความเชื่อมั่นในระบบการผลิตอาหารปลอดภัยที่สอดคล้องตามมาตรฐานสากลและข้อกำหนดของประเทศคู่ค้า โดยมีตลาดส่งออกหลักคือกลุ่มสหภาพยุโรปและประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นประเทศที่จากให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยอาหารแล้ว ยังเน้นการจัดการด้านสวัสดิภาพสัตว์เป็นอย่างมากด้วย (สุวรรณ, 2564) ทั้งการนำสมุนไพรมาใช้ในการผลิตสัตว์มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมอนุภาคนาโนของไขมันชั้นต่อสมรรถภาพการผลิตและสารต้านอนุมูลอิสระหลายประการ เช่น เพื่อทดแทนการใช้สารปฏิชีวนะ เพื่อควบคุมสุขภาพสัตว์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต การป้องกันและรักษาโรคเนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่คำนึงถึงความปลอดภัยในอาหาร เป็นหลัก ผู้ผลิตไก่เนื้อจึงมีการนำสมุนไพร หรือสารสกัดจากธรรมชาติมาใช้ทดแทนการใช้สารเคมี หรือยาปฏิชีวนะ เช่น ฟาโทะลายโจร สะเดา บอระเพ็ดและขิง เป็นต้น นอกจากนี้ยังสมุนไพรอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจคือ ไขมันชั้น ไขมันชั้นมีคุณสมบัติเด่นในการต้านการอักเสบ และมีฤทธิ์ทางยาหลากหลาย เคอร์คูมินเป็นที่รู้จักกันดีในเรื่องฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แข็งแกร่ง การรวมอนุภาคนาโนในไขมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบของนาโนคอร์คูมิน แสดงถึงแนวทางที่มีแนวโน้มในการเพิ่มประโยชน์ต่อสุขภาพของเคอร์คูมินซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมทางการเกษตร เช่น การเลี้ยงสัตว์ปีก ซึ่งสามารถช่วยบรรเทาผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ของความเครียดจากสิ่งแวดล้อมที่มีต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ดังนั้นสมมติฐานบ่งชี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมอนุภาคนาโนของไขมันชั้นต่อสมรรถภาพการผลิตและสารต้านอนุมูลอิสระของไก่เนื้อ

อนุภาคนาโน (Nanoparticles) คืออนุภาคที่มีขนาดเล็กระดับนาโนเมตร (1-100 นาโนเมตร) ซึ่งช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่น การละลายน้ำ การดูดซึม และประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ ไขมันกับคุณสมบัติทางชีวภาพ ไขมันชั้น (*Curcuma longa*) มีสารสำคัญคือ เคอร์คูมิน (*Curcumin*) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ลดการอักเสบ และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน การทำให้อยู่ในรูปอนุภาคนาโนช่วยเพิ่มการดูดซึมในร่างกาย เนื่องจากเคอร์คูมินปกติละลายน้ำได้ไม่ดี ผลต่อสมรรถภาพการผลิต หากใช้กับสัตว์ อาจหมายถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนแปลงอาหาร และสุขภาพโดยรวม หากใช้กับพืช อาจช่วยเพิ่มการดูดซึมสารอาหารและต้านทานโรค ผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ทำลายเซลล์ในร่างกาย ไขมันนาโนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระ ลดความเครียดออกซิเดชัน และช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ เช่น อนุภาคที่มีขนาดอยู่ในช่วง 10-1000 นาโนเมตร ส่วนไมโครพาร์ทิเคิล คือ อนุภาค ที่มีขนาดอยู่ในช่วง 1-300 ไมโครเมตร ซึ่งระบบนำส่งยาทั้งสองแบบสามารถนำส่งสารได้ทั้งที่มีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic substance) และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic substance) นาโนหรือไมโครพาร์ทิเคิล เป็นระบบนำส่งยาสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพสูง ช่วยในการนำส่งยาที่ละลายน้ำได้น้อยหรือดูดซึมได้น้อย และนำส่งยาที่สลายตัวได้ง่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยให้ยาออกฤทธิ์ได้ดีขึ้น ปัจจุบันมีหลายการศึกษาวิจัยที่ใช้นาโนพาร์ทิเคิลหรือ ไมโครพาร์ทิเคิลที่เตรียมจากไคโตแซน เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของสารสำคัญที่เตรียมได้ จากพืชสมุนไพร (เขาวลิต และคณะ, 2557)

ผลของการเสริมอนุภาคนาโนของขมิ้นชันต่อสมรรถภาพในการผลิต

จากการศึกษาของ Fathi et al. (2023) ทำการเสริมอนุภาคนาโนในอาหารสำหรับไก่เนื้อ Ross-308 อายุ 1 วันจำนวน 375 ตัว เสริมนาโนเคอร์คูมินในระดับ 0, 25, 50, 100 และ 200 มก./กก. ในอาหารไก่กระตังในตลอดช่วงอายุ 0-42 วัน พบว่าปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกันขณะที่น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพในการใช้อาหารดีขึ้นโดยระดับที่ดีที่สุดคือ 100 มก./กก. (Table 1)

Table 1. Effect of dietary supplementation of nanocurcumin on performance in broiler chickens at 0–42 d of age.

Item	Level of nanocurcumin [mg/kg diet]					SEM	P-value
	0	25	50	100	200		
FI (g)	4414	4420	4392	4351	4370	39.52	0.24
BWG(g)	2438 ^c	2469 ^c	2538 ^b	2639 ^a	2590 ^a	25.25	<0.00
FCR (g/g)	1.81 ^a	1.79 ^a	1.73 ^b	1.65 ^c	1.68 ^c	0.015	<0.00

^{a,b,c}Mean values in the same row with different superscript letters were significantly.

Source: Fathi et al. (2023)

ในส่วนของ Muhamed et al. (2021) ทำการเสริมอนุภาคนาโนในอาหารสำหรับไก่เนื้อ Indian River อายุ 1 วันจำนวน 420 ตัว เสริมนาโนเคอร์คูมินในระดับ 0, 3.0 และ 5.0 ซม.³/กก. ในอาหารไก่กระตังในตลอดช่วงอายุ 0-28 วัน พบว่า ปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกันขณะที่น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพในการใช้อาหารดีขึ้นโดยระดับที่ดีที่สุดคือ 5.0 ซม.³/กก. เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่า ซึ่ง T2 สามารถปรับหน่วยที่ใส่นาโนเคอร์คูมิน 500 มก./ล. โดยนำ 500 มก. มาหารกับ 1000 มล. จะได้เท่ากับ 0.5 มก./มล. และนำค่าที่ได้มาคูณกับ 5 มล. จะได้เท่ากับ 2.5 มก./กก. โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2)

Table 2. Live body weight (g), body weight gain (g), feed intake (g), feed conversion ratio and mortality rate (%) of broilers as affected by dietary supplementation of ZnNPs, CurNPs, and *Bl*. ($n = 60/\text{treatment}$).

Items		Treatments						SEM	p-Value	
		Contro	1	2	3	4	5			6
LBW (g)		1843.30 ^e	2161.91 ^b	2062.36 ^{de}	2084.15 ^d	2143.43 ^c	2177.60 ^a	2190.54 ^a	26.26	<0.001
BWG (g/day)		56.08 ^c	65.22 ^a	61.69 ^b	63.05 ^b	64.87 ^a	65.52 ^a	66.28 ^a	0.78	<0.001
FI (g/day)		87.69	89.84	84.65	84.02	86.88	90.63	88.31	0.75	0.133
FCR		1.56 ^a	1.39 ^b	1.40 ^b	1.35 ^c	1.35 ^c	1.39 ^b	1.33 ^c	0.02	0.001
Mortality rate (%)		2.30	2.72	2.72	0.00	1.82	2.72	0.00	0.82	0.542

Basal diet (Control); T1: basal diet + 3.0 cm³ZnNPs; T2: basal diet + 5.0 cm³CurNPs; T3: basal diet + 2.0 cm³BL; T4: basal diet + 3.0 cm³ZnNPs + 2 cm³ BL; T5: basal diet +3.0 cm³ ZnNPs + 5.0 cm³CurNPs and T6: basal diet +3.0 ZnNPs + 5.0 CurNPs + 2.0 cm³ BL. Live body weight (LBW); body weight gain (BWG); feed intake (FI); feed conversion ratio (FCR). SEM: standard error mean. a–e, Different letters within one row are significantly different ($p < 0.05$).

Source : Muhamed et al. (2021)

อย่างไรก็ตาม Badran et al. (2020) ทำการเสริมอนุภาคนาโนในอาหารสำหรับไก่เนื้อ Ross-308 อายุ 1 วันจำนวน 504 ตัว เสริมนาโนเคอร์คูมินในระดับ 0, 25, 50 และ 100 มก./กก. ในอาหารไก่กระทงในตลอดช่วงอายุ 0-35 วัน พบว่าน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวเฉลี่ย ของกลุ่มที่เสริม 50,100 มีค่ามากกว่ากลุ่มที่เสริม 25 และกลุ่มควบคุม ค่าการกินได้ พบว่า กลุ่มควบคุมและเสริมเคอร์คูมินที่ระดับ 25,100 และเสริมอนุภาคนาโนที่ระดับ 25,100 มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่มีค่ามากกว่ากลุ่มที่เสริมเคอร์คูมินและอนุภาคนาโนที่ระดับ 50 ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่า กลุ่มควบคุมและเสริมเคอร์คูมินที่ระดับ 25 และเสริมอนุภาคนาโนที่ระดับ 25 มีค่าไม่แตกต่าง แต่มีค่ามากกว่าทุกกลุ่มการทดลอง สรุปได้ว่า ปริมาณการกินได้แตกต่างกันขณะที่น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพในการใช้อาหารดีขึ้นโดยระดับที่ดีที่สุดคือ 50 มก.กก. (Table 3)

Table 3. Effect of different dietary curcumin forms and levels on growth performance of broiler chickens (1-35 d)

Items	Treatment groups ¹							SEM ²	Significance level		
	C	25 Cur	50Cur	100 Cur	25 CurNPs	50 CurNPs	100 CurNPs		Level effect (L)	Form Effect (F)	L x F interaction
BW (g)											
	40.98	39.95	40.57	39.78	40.01	40.32	40.23	0.294	0.988	0.840	0.962
	1734.8 ^b	1740.2 ^b	1781.2 ^a	1801.2 ^a	1751.5 ^b	1815.5 ^a	1832.2 ^a	6.470	<0.001	0.040	0.500
BWG (g)											
	48.39 ^b	48.58 ^b	49.73 ^a	50.32 ^a	48.90 ^b	50.72 ^a	51.20 ^a	0.187	<0.001	0.040	0.500
FI (g/d)											
	83.98 ^a	81.64 ^a	79.39 ^b	81.12 ^{ab}	81.53 ^{ab}	77.69 ^b	80.36 ^{ab}	0.563	0.023	0.600	0.959
FCR											
	1.74 ^a	1.68 ^a	1.60 ^b	1.61 ^b	1.67 ^b	1.53 ^b	1.57 ^b	0.014	<0.001	0.252	0.821

¹treatment groups: C – corn-based diet, 25 Cur, 50 Cur and 100 Cur – 25, 50 and 100 mg/kg curcumin, respectively, 25 CurNPs, 50 CurNPs and 100 CurNPs – 25, 50 and 100 mg/kg curcumin nanoparticles, respectively; ²SEM – standard error of means; a–d– means with different superscripts are significantly different.

Source: Badran et al. (2020)

ผลการเสริมอนุภาคนาโนต่อสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาของ Fathi et al. (2023) พบว่าการเสริมนาโนเคอร์คูมิน ใน Serum, Liver ที่ระดับ 100-200 มก./กก ส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ช่วยเพิ่มระดับสารต้านอนุมูลอิสระใน Serum และ Liver, ซึ่งสามารถเสริมสร้างการปกป้องเซลล์จากความเสียหายจากอนุมูลอิสระได้ (Table 4)

Table 4. Effect of dietary supplementation of nanocurcumin on antioxidant status in serum and liver of ^{a,b,c} Mean values in the same row with different superscript letters were significantly.

Indices		Level of nanocurcumin [mg/kg diet]					SEM	P-value
		0	25	50	100	200		
Serum	GPx (U/ml)	140.2 ^b	142.32 ^b	151.20 ^b	173.60 ^a	179.30 ^a	8.59	<0.00
	SOD (U/ml)	281.57 ^b	283.10 ^b	289.25 ^b	319.15 ^a	325.62 ^a	9.25	<0.00
	CAT (nm/min/ml)	98.80	101.5	97.59	98.20	99.10	4.21	0.35
	MDA (nm/ml)	1.99 ^a	2.01 ^a	1.98 ^a	1.65 ^b	1.66 ^b	0.05	<0.00
Liver	GPx (U/mg protein)	161.20 ^b	163.36 ^b	167.25 ^b	189.26 ^a	191.40 ^a	7.60	<0.00
	SOD (U/mg protein)	320.27 ^b	324.3 ^b	325.25 ^b	349.45 ^a	355.32 ^a	4.52	<0.00
	CAT (U/mg protein)	112.80	109.5	105.59	102.20	107.10	5.21	0.42
	MDA (nm/mg protein)	6.84 ^a	6.78 ^a	6.81 ^a	5.12 ^b	5.19 ^b	0.11	<0.00

GPx, glutathione peroxidase; SOD, Superoxide dismutase; CAT, catalase; MDA, Malondialdehyde.

Source: Fathi et al. (2023)

จากการศึกษาของ Muhamed et al. (2021) พบว่ากลุ่มควบคุมของ MDA มีค่าสูงกว่า GSH, GSR, GST ที่เสริมในระดับ 5.0 มล./กก. มีผลช่วยลดระดับ MDA ซึ่งหมายความว่า การเสริมสารต้านอนุมูลอิสระในระดับนี้อาจช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระและเพิ่มการป้องกันเซลล์ได้ (Table5)

Table 5. Blood hematology, biochemical parameters, serum antioxidants, duodenal enzymes and immunity of broilers as affected by dietary supplementation of ZnNPs, CurNPs, and *Bacillus licheniformis*. (n = 6).

Serum Parameters	Control	1	2	3	4	5	6	SEM	p Value
Oxidative enzymes									
GSH	1.10 ^d	1.30 ^c	1.30 ^c	1.20 ^{cd}	1.50 ^b	1.70 ^{ab}	1.80 ^a	0.091	<0.0001
GSR	1.30 ^d	1.50 ^{cd}	1.60 ^c	1.35 ^{cd}	1.80 ^b	1.90 ^{ab}	2.00 ^a	0.095	<0.0001
GST	1.40 ^{cd}	1.60 ^c	1.60 ^c	1.31 ^{cd}	1.80 ^b	2.00 ^b	2.30 ^a	0.121	<0.0001
SOD	1.50 ^e	1.70 ^d	1.80 ^{cd}	1.90 ^c	2.40 ^b	2.50 ^{ab}	2.70 ^a	0.160	<0.0001
MDA	17.90 ^a	17.10 ^{ab}	16.80 ^b	16.20 ^{bc}	16.20 ^{bc}	14.50 ^c	13.10 ^d	0.575	<0.0001

Basal diet (Control); T1: basal diet + 3.0 cm³ ZnNPs; T2: basal diet + 5.0 cm³CurNPs; T3: basal diet + 2.0 cm³Bl; T4: basal diet + 3.0 cm³ZnNPs + 2 cm³Bl; T5: basal diet + 3.0 cm³ZnNPs + 5.0 cm³CurNPs and T6: basal diet + 3.0 ZnNPs + 5.0 CurNPs + 2.0 cm³Bl. GSH: glutathione; GSR: glutathione reductase; GST: glutathione-S-transferase; SOD: superoxide dismutase; MDA: malondealdehyde. (p < 0.05).

Source: Muhamed et al. (2021)

จากการศึกษาของ Badran et al. (2020) พบว่าระดับของค่าเลือดที่เกี่ยวข้องกับสารต้านอนุมูลอิสระ มีความแตกต่างกัน อาจทำให้เกิด ความแตกต่าง ในระดับของ สารต้านอนุมูลอิสระในเลือด ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึง ประสิทธิภาพ ในการช่วยป้องกันความเสียหายจากอนุมูลอิสระในร่างกาย (Table6) สรุปผล การเสริม นาโนเคอร์คิวมิน และ สารต้านอนุมูลอิสระ เช่น GSH, GSR, และ GST ในระดับต่างๆ สามารถ เพิ่มระดับสาร ต้านอนุมูลอิสระ ใน Serum และ Liver, และช่วย ลดความเสียหายจากอนุมูลอิสระ การเสริมสารต้านอนุมูลอิสระในระดับต่างๆ อาจทำให้เกิด ความแตกต่าง ในประสิทธิภาพ ในการ ป้องกันความเสียหายจากอนุมูลอิสระ ในเลือด, ซึ่งบ่งชี้ถึงการ ตอบสนอง ที่ แตกต่างกันจากสารต้านอนุมูลอิสระในแต่ละระดับ

Table 6 Effect of different dietary curcumin forms and levels on blood metabolites of broiler chickens at 35 day of age

Indices		Treatment groups ¹						SEM ²	Significance levels		
	C	25 Cur	50 Cur	100 Cur	25 CurNPs	50 CurNPs	100 CurNPs		Level ef- fect (L)	Form effect (F)	L × F interac- tion
Enzymes activity, U/L											
AST	129.3 ^a	123.5 ^{ba}	129.9 ^a	114.8 ^b	128.8 ^a	111.9 ^b	112.7 ^b	2.231	0.023	0.277	0.120
ALT	46.04	43.76	46.04	47.01	47.10	42.27	42.38	1.161	0.940	0.588	0.597

¹**treatment groups:** C – corn-based diet, 25 Cur, 50 Cur and 100 Cur – 25, 50 and 100 mg/kg curcumin, respectively, 25 CurNPs, 50 CurNPs and 100 CurNPs – 25, 50 and 100 mg/kg curcumin nanoparticles, respectively, A/G ratio – albumin:globulin ratio, AST – aspartate aminotransferase, ALT – alanine aminotransferase, TC – total cholesterol, TG – triglycerides, HDL-C – high-density lipoprotein cholesterol, LDL-C – low-density lipoprotein cholesterol; ²SEM – standard error of means; a–e– means with different superscripts are significantly different

Source: Badran et al. (2020)

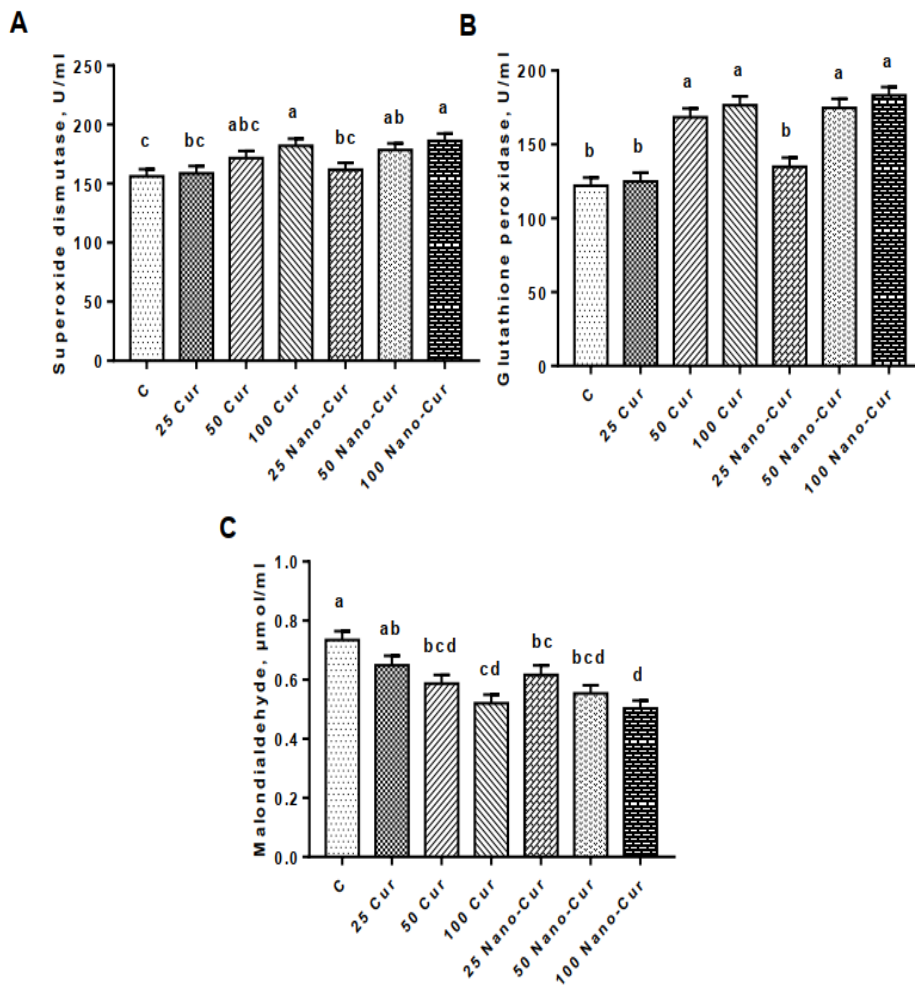


Figure 1. Effect of different dietary curcumin forms and levels on oxidative status A SOD, B GPx and C MDA in the serum of broiler chickens at 35 day of age. Treatment groups: C – corn-based diet, 25 Cur, 50 Cur and 100 Cur – 25, 50 and 100 mg/kg curcumin, respectively, 25 CurNPs, 50 CurNPs and 100 CurNPs – 25, 50 and 100 mg/kg curcumin nanoparticles, respectively. Data presented as mean values with their standard errors. Values with different superscript letters are statistically different ($P < 0.05$).

Source: Badran et al. 2020

สรุป

จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่มีการเสริมผงขมิ้นในสูตรอาหารไก่เนื้อ จำนวน 3 ฉบับ ที่ตีพิมพ์ในระหว่างปี 2020 – 2023 ซึ่งมีการเสริมอนุภาคนาโนของขมิ้นชั้นในช่วงระดับ 2.5-200 มก./กก. สามารถสรุปได้ว่าควรเสริมที่ระดับ 2.5-100 มก./กก. เนื่องจาก ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลดคอเลสเตอรอลในเลือดและปรับภูมิคุ้มกันอีลโมรัลของไก่เนื้อ จึงกล่าวได้ว่าเคอร์คูมินนาโนเป็นทางเลือกที่เหมาะสมแทนสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์และยาปฏิชีวนะ นอกจากนี้ ยังพบค่าที่ดีที่สุดในกลุ่มที่ได้รับเคอร์คูมินนาโน 2.5-100 มก.

อ้างอิง

- เขาวลิต มณฑล, จิระพรชัย สุขเสรี, ณัฐวรรณ จันคณา และอภิรักษ์ สกลปักษ์. 2557. “การประยุกต์ใช้นาโนพาร์ทิเคิลและไมโครพาร์ทิเคิล ที่เตรียมจากโคโคแซนเพื่อการนำส่งยาสมุนไพร”. *คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต* 22 (4): 572-581.
- สุวรรณณี กาญจนภูสิต. 2564. “กรมปศุสัตว์คุมเข้มสวัสดิภาพสัตว์และการผลิตตลอดห่วงโซ่ มั่นใจไก่ไทยตอบโจทย์ตลาดโลก”. <https://dld.go.th/th/index.php/th/newsflash/341-news-hotissue/24412-hotissue-25641221-1>. 21 ธันวาคม 64. Website.
- Aml M. M. Badran, Hamdy A. Basuony, Mohamed A. Elsayed and AbdelMoneim Eid Abdel-Moneim 2020. “Effect of dietary curcumin and curcumin nanoparticles supplementation on growth performance, immune response and antioxidant of broilers chickens”. *Egyptian Poultry Science Journal*, 40(1): 325-343.
- Fathi, M., Rezaee, V., Zarrinkavyani, K., and Mardani, P. 2023. “The impact of curcumin nanoparticles (CurNPs) on growth performance, antioxidant indices, blood biochemistry, gut morphology and cecal microbial profile of broiler chickens”. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science*, 73(1-2): 10-21.
- Mohamed E. Abd El-Hack, Bothaina A. Alaidaroos, Reem M. Farsi, Diaa E. Abou-Kassem, Mohamed T. El-Saadony, Ahmed M. Saad, Manal E. Shafi, Najah M. Albaqami, Ayman E. Taha 6 and Elwy A. Ashour 1 2021. “Impacts of supplementing broiler diets with biological curcumin, zinc nanoparticles and *Bacillus licheniformis* on growth, carcass traits, blood indices, meat quality and cecal microbial load”. *Animals*, 11(7): 1878.