



## Suplementación de quitosano en la dieta de pollitas Rhode Island Red y su efecto en el comportamiento productivo y variables hematológicas



Edgar Fernando Peña-Torres <sup>a</sup>

José Abel Ortega <sup>b</sup>

Cynthia Esmeralda Lizárraga-Velázquez <sup>b</sup>

Crisantema Hernández <sup>c</sup>

Jesús Armando León Cañedo <sup>d</sup>

Asahel Benitez-Hernández <sup>d\*</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo. División de Ciencias de la Salud. Chetumal, Quintana Roo, México.

<sup>b</sup> Instituto Tecnológico de México. Instituto Tecnológico de Mazatlán. Calle Corsario 1 No. 203, 82070, Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>c</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán. Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>d</sup> Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. Av. Paseo Claussen s/n, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.

\* Autor de correspondencia: [asahelbenitez\\_facimar@uas.edu.mx](mailto:asahelbenitez_facimar@uas.edu.mx)

### Resumen:

El quitosano es un polímero que se obtiene a partir de subproductos de crustáceos, el cual posee propiedades antioxidantes, antimicrobianas e inmunoestimulantes que pueden ser aprovechadas para la promoción del crecimiento en aves de corral sin alterar su estado de salud. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la inclusión dietética de quitosano

(0.55 % y 0.65 %) sobre el comportamiento productivo y los parámetros hematológicos en pollitas Rhode Island Red. Se utilizaron 45 pollitas con un peso promedio de  $36 \pm 7.8$  g, las cuales fueron alojadas en jaulas de  $1.0 \text{ m}^2$  (5 animales/jaula). Las pollitas fueron alimentadas por 21 días con dietas con diferentes inclusiones de quitosano: 1) dieta testigo (tipo comercial), 2) dieta testigo + quitosano al 0.55 % (CH55), 3) dieta testigo + quitosano al 0.65 % (CH65). Al final del ensayo de alimentación, el crecimiento, el índice de conversión alimentaria (ICA), la biometría hemática y bioquímica sanguínea fueron analizados. La suplementación dietética con quitosano incrementó el peso final de las pollitas y hasta 27 % la ganancia diaria de peso ( $P < 0.05$ ), en comparación con el tratamiento testigo. El ICA no mostró cambios significativos con la suplementación de quitosano. La concentración de glucosa en sangre incrementó con la adición de quitosano a la dieta ( $P < 0.05$ ). Las variables de colesterol total, colesterol HDL, colesterol VLDL, triglicéridos, proteína total y la biometría hemática no mostraron cambios significativos ( $P > 0.05$ ). Se concluye que la adición de quitosano en ambas dosis favorece el crecimiento sin alterar el estado de salud de las pollitas.

**Palabras clave:** Pollitas, Quitosano, Rendimiento productivo, Parámetros hematológicos.

Recibido: 23/06/2022

Aceptado: 09/01/2023

La producción avícola es una de las actividades más importantes dentro del sector agroalimentario, tanto a nivel económico como en materia de seguridad alimentaria. En México se ha reportado una producción de 3 millones 578 mil toneladas de carne de pollo para el año 2020<sup>(1)</sup>. La producción avícola se caracteriza por implementar dos principales fases productivas, fase de producción de huevo, y fase de producción cárnica; lo que ha incentivado de forma significativa el desarrollo de los pequeños, medianos y grandes productores en función de mayores fuentes de empleo y rentabilidad de las empresas<sup>(1,2)</sup>. Al respecto, la industria avícola constantemente busca alternativas para reducir los costos de alimentación (dietas) en función de la productividad animal. Esto, ha originado un incremento en el uso de compuestos de origen natural en dietas para aves, con la finalidad de promover su crecimiento a través del mejoramiento de la utilización de energía y proteína, y de su estado de salud<sup>(2)</sup>.

El quitosano es un polímero natural formado por unidades de N-acetil D-glucosamina, derivado de la desacetilación alcalina de la quitina, el cual se encuentra disponible en el exoesqueleto de crustáceos, algas y hasta en un tercio del total de la pared celular en hongos<sup>(3)</sup>. Este polímero es soluble en agua, exhibe propiedades bioactivas como

antimicrobiano, inmunomodulador y antioxidante, y además, es reconocido como un compuesto natural e inocuo<sup>(4,5)</sup>, por lo que es apropiado para su uso en la industria de alimentos<sup>(6)</sup>.

El uso del quitosano como suplemento alimenticio podría tener un efecto positivo en animales de granja, ya que, debido a sus propiedades bioactivas éste puede interactuar con la microbiota intestinal, favorecer la utilización de energía, y en consecuencia las variables productivas en corral, como la ganancia de peso y el índice de conversión alimentaria<sup>(7,8,9)</sup>. Adicionalmente, cabe mencionar que el proceso de extracción y obtención del quitosano representa un bajo costo, lo cual puede favorecer la rentabilidad de las granjas avícolas<sup>(10)</sup>.

Estudios recientes en la producción animal han demostrado efectos positivos del quitosano sobre el comportamiento productivo<sup>(11,12,13)</sup>. Sin embargo, concentraciones altas (más de 10 g/día) de este compuesto en la dieta pueden provocar efectos negativos en el comportamiento productivo<sup>(14,15,16)</sup>. Por lo tanto, los efectos del quitosano sobre las variables productivas son aún inconsistentes, y es necesaria su evaluación en aspectos fisiológicos. El objetivo de este estudio fue evaluar la inclusión de quitosano en la dieta de pollitas Rhode Island Red y su efecto sobre el comportamiento productivo y los parámetros hematológicos.

El presente estudio se realizó en la primavera del 2021 en el taller de alimentos del Instituto Tecnológico de Mazatlán, en Mazatlán, Sinaloa, México. Las condiciones climáticas de esta región son tipo tropical, definidas por un clima cálido y húmedo, con temperaturas máximas en verano de 34 °C y mínimas en invierno de 16 °C; la precipitación pluvial anual promedio es de 722 mm con una humedad relativa promedio de 62 %.

Se utilizaron 45 pollitas doble propósito de la estirpe Rhode Island Red con un peso promedio de  $36 \pm 7.8$  g, las cuales se distribuyeron bajo un diseño completo al azar de tres tratamientos con 15 pollitas cada uno, y se asignaron de la siguiente forma: 1) dieta testigo (dieta comercial), 2) CH55= dieta testigo + 5.5 g de quitosano/kg de dieta (0.55 %) y 3) CH65=dieta testigo + 6.5 g de quitosano/kg de dieta (0.65 %).

Se utilizó una dieta testigo (Industrias Melder, México) que cumple con los requerimientos nutricionales de la estirpe Rhode Island Red para la etapa inicial y estuvo compuesta por maíz, pasta de soya, pasta de canola, grano seco de destilería, harina de carne de bovino, aminoácidos: L-lisina, D-metionina, vitaminas: A, D<sub>3</sub>, E, K<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>7</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>, minerales: bicarbonato de sodio, carbonato de calcio, cloruro de sodio, manganeso, hierro, cobre, selenio, yodo, zinc, betaína, antioxidantes ETQ, BHT, BHA, Nicarbazina; con una composición proximal de 12 % humedad, 21.5 % proteína cruda, 3 % grasa, 6 % fibra cruda, 5 % cenizas y 52.5 Kcal/kg de energía neta. En los tratamientos experimentales se proporcionó la dieta testigo (Industrias Melder, México) con inclusiones de quitosano de 5.5 g y 6.5 g por kg de dieta.

Las aves se acondicionaron en un cuarto de ambiente natural, en jaulas de metal galvanizado con dimensiones de 100 x 100 x 50 cm, donde se alojaron cinco aves por jaula por 21 días, con 7 días de adaptación a la dieta testigo. La temperatura fue medida diariamente con un termómetro digital (Wenmeice, Xi'an Lonn M&E Equipment, China), la cual osciló entre los 30 y 33 °C. Un fotoperiodo de 16 h de luz artificial y 8 h de oscuridad fue controlado. El alimento y agua se suministraron *ad libitum*. El alimento no consumido fue levantado y pesado diariamente para registrar su consumo diario. Las excretas se retiraron diariamente para evitar contaminación y enfermedades.

Durante el periodo experimental se realizaron biometrías semanales. Todas las pollitas se pesaron individualmente. El peso inicial, peso final, alimento consumido y número de aves muertas fueron registrados. Las variables de supervivencia (S), peso ganado (PG), índice de conversión alimentaria (ICA), tasa de crecimiento específica (TCE) y ganancia diaria de peso (GDP), se calcularon con las siguientes fórmulas: S (%): (número de animales final / número de animales inicial)\* 100; PG (g): [peso promedio final (g) – peso promedio inicial (g)]; ICA: [alimento consumido (g) / peso ganado (g)]; GDP (g/día): peso promedio ganado / días; las mediciones se realizaron en una balanza ACCULAB (modelo ACL-210.4).

Al final de la prueba se evaluaron los parámetros sanguíneos (glucosa, colesterol total, lipoproteínas de alta y baja densidad y proteína total) y biometría hemática de 6 aves (24 h de ayuno) por tratamiento (2 aves por jaula). La muestra de sangre se colectó por punción en la vena del ala con una jeringa de 1 ml (Venosafe, Terumo), y se colocó en tubos Eppendorf (1 ml) y microtainer con heparina. Las muestras se centrifugaron a 3,500 xg por 15 min a 10 °C. El plasma se separó en viales para determinar glucosa, colesterol total, colesterol sérico, lipoproteínas de alta densidad (HDL, por sus siglas en inglés), lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL, por sus siglas en inglés), triglicéridos y proteína total mediante un equipo de química sanguínea (Model DT-60, Johnson Co.; High Wycombe, UK) y biometría hemática mediante un auto analizador hematológico (Auto Hematology Analyzer, Mindray, BC-2800 Vet; Shenzhen, China).

La normalidad de los datos se determinó mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov, y la homogeneidad por la prueba de Levene a un valor de significancia mayor al 5 %. Las variables productivas y sanguíneas se analizaron con un ANOVA de una vía y para determinar diferencias entre los tratamientos se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey-Kramer. Antes del análisis estadístico, los valores de supervivencia (%) se normalizaron utilizando el arcoseno, pero los resultados se reportaron como porcentaje. Las diferencias se consideraron a un nivel de significancia de 0.05. Para los análisis estadísticos se utilizó el software NCSS versión 2007 (Kayville, UT, USA).

Los efectos de la inclusión de quitosano se muestran en el Cuadro 1. En el día 14, el tratamiento CH55 presentó un incremento en el peso ganado (16.5 %) con respecto a la dieta

testigo ( $P<0.05$ ). El tratamiento CH65 no presentó diferencias significativas en comparación con los tratamientos testigo y CH55 ( $P>0.05$ ). En el día 21, los tratamientos CH55 y CH65 aumentaron el peso de las pollitas 17.9 % y 15.1 % respectivamente, en comparación con el grupo testigo ( $P<0.05$ ). La GDP aumentó 27 % con la suplementación de quitosano respecto a los animales alimentados con la dieta testigo ( $P<0.05$ ). Adicionalmente, el tratamiento CH55 mostró 100 % de supervivencia, a diferencia del grupo testigo donde se obtuvo un 80 % ( $P<0.05$ ). Los valores de consumo de alimento e ICA del grupo testigo no fueron diferentes de los tratamientos con inclusión de quitosano ( $P>0.05$ ). Resultados similares reportó Suk<sup>(17)</sup> al encontrar un incremento en el peso vivo y GDP en pollitas desde el día 21 al 35, al suplementar 10.5 mg de quitosano /kg de peso vivo/día, además el ICA aumentó desde el día 15 de suplementación. Otro estudio<sup>(18)</sup> reportó un incremento lineal y un efecto cuadrático en el peso vivo desde el día 1 al 22, cuando la dieta de pollitas de engorda fue suplementada con un oligosacárido de quitosano (0.5 a 2.5 g/kg). En un estudio realizado por Razdan *et al*<sup>(19)</sup> reportaron que la suplementación dietética de 30 g del oligosacárido de quitosano/kg de dieta (aproximadamente cinco veces más la inclusión de quitosano respecto al presente estudio), redujo la ganancia de peso vivo y el ICA en pollitas de engorda, en comparación con el tratamiento testigo. Si bien es cierto, el mecanismo por el cual el quitosano mejora el rendimiento de crecimiento de las pollitas de engorde no está completamente elucidado, se ha sugerido que este compuesto estimula la actividad de la pepsina y ayuda a proteger la membrana mucosa del estómago, lo cual mejora la digestión y absorción de nutrientes como proteínas<sup>(13,15,20,21)</sup>, estimula la proliferación de microorganismos benéficos e inhibe la proliferación de microorganismos patógenos, regulando así la microbiota intestinal<sup>(22,23)</sup>.

**Cuadro 1:** Variables productivas en pollitas alimentadas con diferentes dietas suplementadas con quitosano

Variables	Tratamientos			EEM	K-S, valor de <i>P</i>	Valor de <i>P</i>
	Testigo	CH 0.55%	CH 0.65%			
Peso vivo, g						
Día 0	52.1	50.7	50.9	1.2	0.75	0.70
Día 7	88.7	105.5	102.5	6.7	0.70	0.20
Día 14	151.9 <sup>a</sup>	176.9 <sup>b</sup>	171.1 <sup>ab</sup>	4.5	0.70	<0.05
Día 21	164.1 <sup>a</sup>	193.5 <sup>b</sup>	188.9 <sup>b</sup>	4.6	0.49	<0.01
Consumo de alimento, g/día	18.3	22.4	20.9	1.4	0.66	0.13
Ganancia diaria de peso, g/día	5.3 <sup>a</sup>	6.8 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	0.2	0.77	<0.01
ICA	3.4	3.4	3.3	0.2	0.92	0.89
Supervivencia, %	80	100	93	3.8	<0.05	0.14

EEM= error estándar de la media.

ICA= Índice de conversión alimentaria.

K-S= valor de probabilidad de la prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov ( $P>0.05$ ).<sup>ab</sup> Promedios con distinta literal en la misma fila indican diferencia significativa ( $P<0.05$ ).Supervivencia. Ji-cuadrada (valor de  $X^2 = 3.841$ ,  $P>0.05$ , 2 gl).

Aun cuando el porcentaje de mortalidad en el grupo testigo no fue significativo, concuerda con lo reportado por Nuengjamnong y Angkanaporn<sup>(21)</sup>. Esto se debe posiblemente, al incremento de la temperatura ambiental desde las primeras horas de la tarde, ya que la principal causa de mortalidad en pollos es la muerte súbita por temperaturas altas, lo que resulta un desafío para las aves de corral<sup>(24)</sup>. Por otra parte, la menor reducción de la mortalidad observada en los tratamientos con inclusión de quitosano se puede atribuir a la actividad antioxidante de este compuesto, y a su efectividad para contrarrestar el estrés oxidativo causado por factores ambientales (incremento de temperatura)<sup>(25,26)</sup>.

Los resultados de las pruebas hematológicas se muestran en el Cuadro 2. Los tratamientos CH55 y CH65 mostraron un incremento significativo en la concentración de glucosa 190.06 y 193.10 mg/dl, respectivamente, en comparación con el grupo testigo ( $P<0.05$ ). Los niveles de colesterol, HDL, VLDL, triglicéridos, proteína total y los respectivos a la biometría hemática no fueron afectados significativamente por los tratamientos ( $P>0.05$ ). Otros autores reportan que la suplementación de quitosano e isómeros de quitosano disminuyen los niveles de triglicéridos y colesterol en animales alimentados con dietas suplementadas con 100 mg de quitosano/kg de dieta<sup>(27,28)</sup>. Los cambios significativos en los niveles de glucosa pueden sugerir que la ganancia de peso mejorada por el quitosano no se debe a un efecto de tipo hormonal, sino probablemente a una mayor ingesta de alimento con inclusión de quitosano,

a pesar de no resultar significativo<sup>(29)</sup>. Los parámetros sanguíneos evaluados sugieren que las pollitas alimentadas con dietas suplementadas con quitosano conservaron su presión osmótica y el equilibrio ácido-base en el organismo, sin presentar signos de estrés alguno<sup>(30)</sup>.

**Cuadro 2:** Concentraciones séricas de metabolitos y componentes hematológicos en pollitas suplementados con quitosano

Variables	Tratamientos			EEM	K-S, valor de <i>P</i>	Valor de <i>P</i>
	Testigo	CH 0.55%	CH 0.65%			
Glucosa, mg/dl	172.76 <sup>a</sup>	190.06 <sup>b</sup>	193.10 <sup>b</sup>	8.11	0.34	<0.05
Colesterol, mg/dl	133.63	154.6	142.53	11.57	0.55	0.48
HDL, mg/dl	97.16	105.13	99.96	9.04	0.62	0.82
VLDL, mg/dl	5.61	6.0	6.4	0.57	0.44	0.64
Triglicéridos, mg/dl	28.16	30.16	32.16	2.82	0.23	0.62
Proteína total, mg/dl	3.61	3.65	4.05	0.45	0.88	0.76
Biometría hemática:						
Hematocrito, %	34.13	33.73	33.36	0.59	0.71	0.67
Hemoglobina, g/dl	11.3	10.83	11.13	0.27	0.79	0.50
Eritrocitos, x 10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	3.1	3.13	2.9	0.21	0.82	0.73
VCM, x 10 <sup>15</sup> L	105.7	106.9	108.66	6.11	0.61	0.94
HCM, Pg	33.1	32.1	33.4	0.64	0.90	0.39
CCMH, g/dl	37.83	34.53	38.36	2.92	0.53	0.62

HDL= (siglas en inglés) lipoproteínas de alta densidad; VLDL= (siglas en inglés) lipoproteínas de muy baja densidad; VCM= volumen corpuscular medio; HCM= hemoglobina corpuscular media; CHCM= concentración corpuscular media de hemoglobina.

<sup>ab</sup> Promedios con distinta literal en la misma fila difieren ( $P < 0.05$ ).

K-S= valor de probabilidad de la prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov ( $P > 0.05$ ).

En general, se observó una mejora en las variables productivas de peso vivo al día 14 y 21 de alimentación y en la ganancia diaria de peso, con ambos tratamientos de quitosano. El tratamiento CH55 redujo la mortalidad e incrementó la concentración de glucosa en sangre. No obstante, las demás variables de hematología y bioquímica sanguínea se encontraron sin alteraciones por los tratamientos experimentales. Estos resultados sugieren que las pollitas doble propósito no modificaron su homeostasis celular, además de que sus estados metabólico y fisiológico no fueron comprometidos por efecto del consumo de quitosano en

la dieta. Se concluye que el quitosano puede ser una alternativa para economizar el crecimiento en pollitas. Sin embargo, se sugieren mayores estudios y análisis de mecanismos de acción del quitosano en aves, para demostrar su efecto positivo y su bioactividad.

### **Agradecimientos**

Se agradece al Dr. Milton Spanopoulos Hernández por facilitar parte de las instalaciones del laboratorio experimental de nutrición.

### **Conflicto de intereses**

Los autores establecen que no existe ningún conflicto de intereses, en relación con la elaboración, revisión y publicación de este trabajo.

### **Literatura citada:**

1. COMECARNE. Consejo Mexicano de la Carne. Compendio estadístico 2021. México. 2021.
2. Oluwafemi R, Olawale I, Alagbe J. Recent trends in the utilization of medicinal plants as growth promoters in poultry nutrition-A review. *Adv Res Agri Vet Sci* 2020;4(1):5-11.
3. Dodane V, Vilivalam VD. Pharmaceutical applications of chitosan. *Pharmaceut Sci Tech Today* 1998;1(6):246-253.
4. Dong G, Wang X, Liu Z, Wang F. Effects of phytogenic products on *in vitro* rumen fermentation and methane emission in goats. *J Anim Feed Sci* 2010;19(2):218-229.
5. Nieva CA, Villegas M, Cid AG, Romero AI, Bermúdez J. Chitosan Applications on Pharmaceutical Sciences: A Review. *Drug Deliv Lett* 2019;9(3):167-181.
6. Morin-Crini N, Lichtfouse E, Torri G, Crini G. Applications of chitosan in food, pharmaceuticals, medicine, cosmetics, agriculture, textiles, pulp and paper, biotechnology, and environmental chemistry. *Environ Chem Lett* 2019;17(4):1667-1692.
7. Hamady G, Farroh K. Effects of adding nano-chitosan on productive performance of laying hens. *Egyptian J Nutr Feeds* 2020;23(2):321-336.
8. Swiatkiewicz S, Swiatkiewicz M, Arczewska-Wlosek A, Jozefiak D. Chitosan and its oligosaccharide derivatives (chito-oligosaccharides) as feed supplements in poultry and swine nutrition. *J Anim Physiol Anim Nutr* 2015;99(1):1-12.



9. Zhang J, Zhang W, Mamadouba B, Xia W. A comparative study on hypolipidemic activities of high and low molecular weight chitosan in rats. *Int J Biol Macromol* 2012;51(4):504-508.
10. Sánchez-Ceja M, Arceo-Martínez M, Sandoval-Flores M, Alva-Murillo P, Jiménez-Mejía R, Loeza-Lara P. Uso de nisina y quitosano para la inhibición de *Staphylococcus aureus* resistente a antibióticos y asociado a mastitis bovina. *Rev Mex Cienc Pecu* 2018;9(4):792-810.
11. Valenzuela C, Arias J. Potenciales aplicaciones de películas de quitosano en alimentos de origen animal: una revisión. *Av Cienc Vet* 2012;27(1).
12. Morgado LF. Propuesta de una Planta Piloto para la obtención de quitosano por vía química a partir de los residuos de langosta *Panulirus argus* [tesis de Licenciatura]. Santa Clara, Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas; 2018.
13. Lv S, Yan Y, Sun C, Xu J. Protective action of chitosan on stomach mucous membrane. *Lit Inf Prev Med* 2002;8:429-430.
14. Khajarearn J, Khajarearn S, Moon T, Lee J. Effects of dietary supplementation of fermented chitin-chitosan (fermkit) on toxicity of mycotoxin in ducks. *Asian-Australas J Anim Sci* 2003;16(5):706-713.
15. Shi BL, Li D, Piao X, Yan S. Effects of chitosan on growth performance and energy and protein utilisation in broiler chickens. *Br Poult Sci* 2005;46(4):516-519.
16. Khambualai O, Yamauchi K, Tangtaweewipat S, Cheva-Isarakul B. Effects of dietary chitosan diets on growth performance in broiler chickens. *J Poult Sci* 2008;45(3):206-209.
17. Suk Y. Interaction of breed-by-chitosan supplementation on growth and feed efficiency at different supplementing ages in broiler chickens. *Asian-Australas J Anim Sci* 2004;17(12):1705-1711.
18. Osho S, Adeola O. Chitosan oligosaccharide supplementation alleviates stress stimulated by in-feed dexamethasone in broiler chickens. *Poult Sci* 2020;99(4):2061-2067.
19. Razdan A, Pettersson D, Pettersson J. Broiler chicken body weights, feed intakes, plasma lipid and small-intestinal bile acid concentrations in response to feeding of chitosan and pectin. *Br J Nutr* 1997;78(2):283-291.
20. Ranaldi G, Marigliano I, Vespignani I, Perozzi G, Sambuy Y. The effect of chitosan and other polycations on tight junction permeability in the human intestinal Caco-2 cell line. *J Nutr Biochem* 2002;13(3):157-167.

21. Nuengjamnong C, Angkanaporn K. Efficacy of dietary chitosan on growth performance, haematological parameters and gut function in broilers. *Ital J Anim Sci* 2018;17(2):428-435.
22. Liu L, Wang Y, Kong M, Li X. Prebiotic-like effects of water soluble chitosan on the intestinal microflora in mice. *Int J Food Eng* 2018;14(7-8):20180089.
23. Hassan F, Abd El-Maged M, El-Halim H, Ramadan G. Effect of dietary chitosan, nano-chitosan supplementation and different japanese quail lines on growth performance, plasma constituents, carcass characteristics, antioxidant status and intestinal microflora population. *J Anim Health Prod* 2021;9(2):119-131.
24. Carew L, Hardy D, Weis J, Alster F, Mischler S, Gernat A, *et al.* Heating raw velvet beans (*Mucuna pruriens*) reverses some anti-nutritional effects on organ growth, blood chemistry, and organ histology in growing chickens. *Trop Subtrop Agroecosyst* 2003;1(2-3):267-275.
25. Je J, Cho Y, Kim S. Characterization of (aminoethyl) chitin/DNA nanoparticle for gene delivery. *Biomacromolecules* 2006;7(12):3448-3451.
26. Lokman I, Ibitoye E, Hezmee M, Goh Y, Zuki A, Jimoh A. Effects of chitin and chitosan from cricket and shrimp on growth and carcass performance of broiler chickens. *Trop Anim Health Prod* 2019;51(8):2219-2225.
27. Li XJ, Piao XS, Kim SW, Liu P, Wang L, Shen YB, *et al.* Effects of chito-oligosaccharide supplementation on performance, nutrient digestibility, and serum composition in broiler chickens. *Poult Sci* 2007;86(6):1107-1114.
28. Ikeda I, Sugano M, Yoshida K, Sasaki E, Iwamoto Y, Hatano K. Effects of chitosan hydrolyzates on lipid absorption and on serum and liver lipid concentration in rats. *J Agric Food Chem* 1993;41(3):431-435.
29. Leblebicier Ö, Aydoğan İ. The effects of mannan oligosaccharide and chitosan oligosaccharide on performance and blood parameters of broilers. *J Poult Res* 2018;15(1):18-22.
30. El-Fakhrany H, Ibrahim Z, Ashour E, Alagawany M. Efficacy of in ovo delivered resveratrol (Trans 3, 4, 5-trihydroxystilbene) on growth, carcass weights, and blood metabolites of broiler chicks. *Anim Biotech* 2021;1-8.