

Perspectives on the use of humic substances in poultry production[¶]

Perspectivas sobre el uso de sustancias húmicas en la producción aviar

Perspectivas sobre o uso de substâncias húmicas na avicultura

Rosa Angélica Sanmiguel Plazas^{1*}, MVZ, MSc (c); Wilson Javier Aguirre Pedreros², Lic; Iang Schroniltgen Rondón Barragán³, MVZ, MSc

**Autor para correspondencia: Rosa Angélica Sanmiguel Plazas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué, Colombia. cvsanmiguel@gmail.com*

¹Grupo IMPRONTA, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué, Colombia. ² Grupo Inglés con sentido social. Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué, Colombia. ³ Grupo Investigación en Inmunología y Fisiopatología Animal - IFA, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. Grupo de Investigación en Enfermedades Neurodegenerativas, END. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima.

(Recibido: 17 de julio, 2013; aceptado: 12 de mayo, 2014)

Abstract

Humic substances (SH; product of the biotransformation of organic matter) have been widely used in agricultural processes such as soil remediation and also as bioremediation agents due to their ability to chelate toxic wastes. HS have been also used in animal production to promote growth performance. Animal production systems currently require cleaner production coupled with competitive performance. Today's trends also include management alternatives such as supplementation with feed additives from natural sources to improve productivity and animal health. This review focuses on how SH contributes to poultry production based on research claims that SH supplementation to broilers and laying hens allows optimizing nutrient digestion, leading to improved productivity. Given the existing relationship between intestinal physiology and the immune response, there could be positive immunomodulatory effects associated with the dietary inclusion of these additives.

Key words

Humic substances, poultry production, production parameters.

[¶]Para citar este artículo: Sanmiguel Plazas RA, Aguirre Pedreros WJ, Rondón Barragán IS. Perspectivas sobre el uso de sustancias húmicas en la producción aviar. Rev CES Med Zootec. 2014; Vol 9(1): 104-113.

Resumen

Las sustancias húmicas (SH) son un producto de la biotransformación de la materia orgánica, que han sido utilizadas ampliamente en procesos agrícolas, tales como la recuperación de suelos, como agentes biorremediadores por sus propiedades quelantes de sustancias tóxicas residuales, así como en la producción animal como promotor del mejoramiento de los parámetros productivos. Los procesos de producción animal en la actualidad demandan producción limpia aunada a un rendimiento competitivo de los sistemas de producción animal frente a los cuales, alternativas de manejo como la suplementación con aditivos alimentarios de origen natural, que mejoren los parámetros productivos y que a la vez participen en el mejoramiento de la salud animal, son la tendencia en la actualidad. En la presente revisión se hace énfasis en la contribución que las SH realizan en la producción avícola a partir de resultados de investigación que afirman que la suplementación de la dieta tanto de pollos de engorde como de gallinas ponedoras, permite la optimización en la digestión de los nutrientes, lo cual conlleva al mejoramiento en los parámetros zootécnicos. Dada la relación de la fisiología intestinal con la respuesta inmune, es posible que hayan efectos inmunomoduladores positivos asociados a la inclusión de estos aditivos en la dieta como una alternativa de producción limpia.

Palabras clave

Parámetros productivos, producción avícola, sustancias húmicas.

Resumo

As substâncias húmicas (SH) são um produto da biotransformação da matéria orgânica, que tem sido utilizadas comumente em processos agrícolas tais como a recuperação do solo, quanto como agentes biorremediadores pelas suas propriedades quelantes de substâncias tóxicas residuais. Do mesmo jeito são usadas na produção animal como promotor do crescimento permitindo melhorar os parâmetros produtivos. Os processos de produção animal na atualidade demandam produção limpa junto a um rendimento competitivo dos sistemas de produção animal frente aos quais, alternativas de manejo como a suplementação com aditivos alimentares de origem natural, que melhorem os parâmetros produtivos e que a sua vez participem no melhoramento da saúde animal, são a tendência na atualidade. Na presente revisão se faz ênfase na contribuição que as SH realizam na produção avícola a partir de resultados de pesquisas que afirmam que a suplementação da dieta tanto de frangos de corte quanto de galinhas poedeiras, permite a otimização da digestão dos nutrientes, o qual conduz ao melhoramento dos parâmetros zootécnicos, dada a relação da fisiologia intestinal com a resposta imune, é possível que existam efeitos imunomoduladores positivos associados a inclusão de estes aditivos na dieta como uma alternativa de produção limpa.

Palavras chave

Parâmetros produtivos, produção avícola, substâncias húmicas.

Introducción

El humus es el producto final estabilizado, amorfo coloidal de color pardo oscuro que resulta de la desintegración de materia orgánica⁴³. Este es utilizado ampliamente en la agricultura como estabilizador, recuperador de suelos y como estimulante del crecimiento radicular³⁹. Entre las principales sustancias que conforman el humus se encuentran las SH (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, ácido úlmicos y ácidos húmicos melánicos) siendo los más abundantes los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos a los cuales se les atribuyen efectos benéficos sobre el crecimiento radicular en vegetales, los parámetros productivos y sanitarios en diferentes especies animales^{33,51}.

Las sustancias húmicas tienen uso en la agricultura por su potencial en la conservación de suelos y como promotor del crecimiento radicular lateral de las plantas, en el sector industrial para reducir los olores de las excretas o como quelantes en el tratamiento de aguas y suelos contaminados^{27,33,48}, también son usados como absorbentes de metales pesados especialmente Cd, Zn y Cu en aguas residuales a partir del efecto quelante de la carga negativa de las SH (ácidos húmicos y fúlvicos) presentes en los ácidos carboxílicos, fenólicos e hidroxilos que hacen parte de la estructura química de las SH^{30,34,35}.

Existen evidencias del uso potencial como antibacteriales, antivirales, antiinflamatorios^{32,41,46}, antidepresivos, así como para el tratamiento de diarreas, dispepsia e intoxicaciones agudas y para la alimentación animal como aditivo en caballos, rumiantes, cerdos y aves con el propósito de mejorar los parámetros productivos y reducir el impacto ambiental disminuyendo la emisión de amonio en las heces^{20,22,42}. Sumado a esto, en modelos murinos no se han identificado efectos teratogénicos ni otros efectos adversos con el consumo crónico de SH⁴¹ y la toxicidad es marcadamente baja. En dichos estudios, se ha reportado una dosis letal 50 (DL₅₀) de 0,536 g/kg de peso corporal y una seguridad total de 50 mg/kg de peso corporal, lo cual según la OMS se cataloga como un producto poco peligroso (de 500 a 2000 mg/kg), conceptos que generan una vía abierta para el uso de las SH como suplementos alimenticios relativamente seguros^{26,28}.

Tanto en avicultura como en otros sistemas de producción se ha documentado el efecto benéfico de la inclusión de SH en la dieta⁵², sin embargo aún no han sido incluidos en la lista de aditivos de los alimentos^{12,13}. Es importante tener en cuenta que existen algunas variables en las aves

tales como la edad, el sexo, el ayuno y el peso corporal que pueden afectar la respuesta tanto en los parámetros productivos como en los sanguíneos (Recuento de eritrocitos, volumen corpuscular medio, Hematocrito, hemoglobina)³⁶ y por consiguiente los resultados varían. Se puede demostrar que las SH poseen un efecto estabilizante de la flora intestinal lo cual asegura la optimización de los nutrientes y esto a su vez se refleja en menor tasa de conversión, aumento en el consumo de alimento, en el peso de los huevos y el peso corporal de los animales^{5,24}.

La presente revisión tiene como objetivo contextualizar el uso de los ácidos húmicos en avicultura como una alternativa para la optimización en los procesos de producción limpia, así como para el mejoramiento de algunos parámetros productivos.

Sustancias húmicas

Las SH están conformadas por una mezcla compleja de cadenas alifáticas o anillos aromáticos con contenido específico de grupos funcionales tales como carboxilos (COOH), hidroxilos (OH) fenólicos, enólicos y alcohólicos, carbonilos (C=O), quinonas, hidroxiquinonas, cetonas, auxinas, lactonas y éter, pero la concentración de dichas sustancias en las SH difiere de acuerdo a los recursos de donde se originen^{33,50,51}. El porcentaje de SH depende del grado de humificación y de la composición de los materiales orgánicos originales, pues aquellos ricos en Lignina generan mayor cantidad de SH y los residuos de origen antropogénico a partir de los desechos industriales inducen cambios estructurales en ellas. Estos mismos autores afirman que entre residuos de frutas, rastrojo de maíz, paja de trigo y estiércol de bovino, el material más rápidamente transformado en compostaje es el estiércol de bovino y a su vez dichas sustancias húmicas presentan diferencia significativa en cantidad de grupos carboxilos (COOH), OH fenólicos y grupos carbonilos (C=O)^{4,38,39} lo cual indica que se forman moléculas distintas de acuerdo al tipo de sustrato original como se mencionó anteriormente. Estas SH presentan una interacción más débil con los materiales orgánicos que con los inorgánicos y dichas uniones son potencialmente reversibles⁴⁵.

El estudio de la estructura molecular de las SH se ha considerado de alta dificultad debido a su estructura compleja e irregular, lo cual no ha permitido el diseño de

una fórmula precisa a partir de los resultados obtenidos por métodos espectroscópicos, pirolíticos y técnicas de ionización suave que pretenden entender la naturaleza de los ácidos húmicos^{3,51}.

Sustancias húmicas (SH) en producción animal

Las SH extraídas en concentraciones específicas han tenido aplicación en la producción de rumiantes y monogástricos en los cuales ha demostrado resultados satisfactorios^{14,22}. Cusack (2008)⁸ demostró que el uso de SH en bovinos incrementó la ganancia de peso así como la eficiencia de la conversión alimenticia. Griban (1990)¹⁵ demostró un incremento en la producción de leche en vacas suplementadas con SH. En rumiantes, las SH se han descrito como efectivas en la reducción de emisión de amonio⁴⁴. Sin embargo, trabajos de McMurphy *et al.*, (2011)²⁹ no evidenciaron dicha efectividad en vacas Holstein puesto que el volumen ruminal es mayor que en el ganado de carne y por consiguiente requieren mayores cantidades en la suplementación. Por otra parte, Galip *et al.*, (2010)¹⁴ demostraron cambios leves en el líquido ruminal consistentes en la elevación en los niveles de sodio en individuos suplementados con SH y reducción de algunas poblaciones de protozoarios. No obstante, Várdyová *et al.*, (2009)⁴⁹ demostraron una baja actividad antiprotozoaria de las SH en un ambiente ruminal *in vitro*. Es probable que la variabilidad de los resultados obtenidos, esté asociada a la diversidad de origen y composición de las sustancias húmicas, por lo cual se generan este tipo de resultados controversiales.

En porcinos, Ji *et al.*, (2006)²² demostraron que la inclusión de SH en las dietas de cerdos incrementa la ganancia de peso así como reduce la emisión de amonio en las heces, similar a lo reportado por Wang *et al.*, (2008)⁵² quienes demostraron que las SH en las dietas mejoran el desempeño de crecimiento, el conteo relativo de linfocitos y la calidad de la carne.

Aplicación de las SH en la producción aviar

Pollos de engorde

A raíz de las consecuencias negativas en la microbiota intestinal originadas por el uso indiscriminado de antibióticos como promotores de crecimiento (APC) y como tratamiento terapéutico para las infecciones

gastrointestinales, en la década del noventa la unión europea notificó la prohibición de todos los antibióticos promotores de crecimiento en las dietas para animales, la cual comenzó a regir a partir del año 2006, trayendo consigo la implementación de nuevas estrategias de manejo, entre las que se encuentran la utilización de otras sustancias alternativas y seguras como el uso de aditivos alimentarios naturales y terapias alternativas no medicamentosas en remplazo de los antibióticos utilizados en producción y sanidad animal⁴⁰, que tengan efectos similares sobre los niveles productivos de los animales, tales como el uso de prebióticos, probióticos, simbióticos entre otros, los cuales incrementan la resistencia natural a la presentación de enfermedades infecciosas del tracto gastrointestinal y optimizan los procesos de digestión y absorción^{7,53}.

Ya en el 2002, Ceylan & Ciftcy⁶ habían sugerido el uso de SH comerciales como una alternativa útil para remplazar el uso de antibióticos como promotores de crecimiento en pollos de engorde y posteriormente otras investigaciones reportan desempeño productivo similar cuando se comparan dietas suplementadas con humatos frente a dietas suplementadas con microorganismos probióticos^{5, 23, 55}, demostraron que con la suplementación del 0,1% de SH, la tasa de conversión de alimento mejora en un 2% frente a la suplementación con 0,2 y 0,3%, aunque no se afectan las características del desempeño ni de la carcasa pero la mortalidad fue del 0% en comparación con el 1,8% del grupo control.

Adicionalmente, al incrementar la suplementación con SH en la dieta de pollos de engorde al 0,05, 0,1 y 0,15% se observa que las características de color en los muslos y pectorales mejoran, la conversión de alimento es más eficiente, y el colesterol sanguíneo disminuye al igual que el peso de la grasa abdominal con la dietas que contienen mayor porcentaje en la suplementación con SH¹⁰. En concentraciones mayores, Rath *et al.*, (2006)³⁷ evaluaron la suplementación de pollos de engorde con 1% y 2,5% de humatos, para lo cual concluyeron que a mayor concentración de SH en la dieta, el peso corporal disminuyó y la tasa de conversión alimenticia aumentó. Los autores no encontraron diferencias en la presentación de discondroplasia tibial ni en los parámetros hematológicos ni bioquímicos excepto en la disminución de la tasa heterófilos/linfocitos la cual se considera como un indicador de menor estrés.

Una comparación entre humatos sódicos y sustancias húmicas naturales en pollos broiler, suministrando 0,5% en la etapa de iniciación y 0,7% en la etapa de levante y engorde, demostró que la ganancia de peso fue mayor y la conversión de alimento fue menor con humatos sódicos, mientras que los valores más altos de calcio sérico y más bajos en AST fueron observados con las sustancias húmicas naturales⁴², Con lo que se puede inferir que hay una mejor asimilación y metabolismo del Calcio dietario y una mejor estructura hepática, no obstante otros estudios^{5,24} han evaluado el efecto de ácidos húmicos en el desempeño bioquímico sanguíneo al suplementar con 0,25% de humatos en pollos broiler durante los primeros 42 días de vida y no se observaron diferencias estadísticas en los parámetros bioquímicos (Conteo de leucocitos, diferencial de leucocitos, transaminasas, proteína, albúmina, glucosa, BUN, Fe, Ca, P) con respecto al grupo control como tampoco se vio afectado el peso de los órganos internos (Molleja, hígado y proventrículo). Los autores asocian el efecto promotor de los humatos con el aumento en el desempeño productivo, con base en la estabilización de la flora intestinal y por consiguiente mejorar la utilización de nutrientes por parte del animal, dicho efecto se asocia con el aumento de peso corporal y la ganancia de peso observada en la investigación.

Otro aspecto importante en la calidad de la producción de carne de pollo es la baja oxidación del contenido lipídico de la carcasa. En un estudio realizado con suplementación en varios porcentajes de sustancias húmicas se concluyó que con el 0,1% se obtuvo la mayor tasa de disminución de oxidación lipídica de las patas y la pechuga especialmente después del cuarto día de almacenamiento pos sacrificio, en comparación con el grupo control¹.

Gallinas ponedoras

En gallinas ponedoras en periodo temprano de producción (de 22 a 40 semanas) la adición de 0,15% de sustancias húmicas comerciales (35% de humato sódico y 6% de ácidos fúlvicos) no genera cambios significativos en porcentaje de producción, calidad del huevo, mortalidad ni parámetros hematológicos como lo evidenciaron Yalcin *et al.*⁵⁴. En dicho estudio las gallinas suplementadas con humatos fueron significativamente más pesadas que las del grupo control y presentaron un mayor consumo de alimento aunque el porcentaje de colesterol sanguíneo y de la yema disminuyeron. En este mismo periodo de

producción al suplementar la dieta con 100 y 200 ppm²⁷, la dieta con 200 ppm presentó diferencias significativas en el peso del huevo y en el porcentaje de producción y contrario al reporte anteriormente mencionado, el peso corporal no se vio afectado, sin embargo el peso relativo del bazo, ovario, longitud del oviducto, la concentración de calcio plasmático y el grosor de la cáscara evidenciaron incrementos significativos, durante las últimas doce semanas del experimento (semanas 32-44). Estas dos últimas variables muy correlacionadas por su fisiología para la formación de la cáscara. En cuanto al conteo de eritrocitos, glóbulos blancos y la concentración de proteínas totales también se evidenció aumento.

Utilizando concentraciones más bajas, durante el periodo medio de postura (semana 36 a la 40)² se comprobó que la adición de ácidos húmicos a la dieta en una proporción de 60 g por tonelada (60 ppm) mejora el porcentaje de producción de huevos, el peso del huevo y la eficiencia en la conversión de alimento²⁵.

El suplemento de la dieta con sustancias húmicas en periodos tardíos de la producción de gallinas ponedoras tiene un potencial significativo por cuanto la fisiología propia de la gallina tiende a disminuir su porcentaje de producción, esta condición la hace más susceptible a responder positiva o negativamente frente a modificaciones dietarias o de manejo que afecten la nutrición o la salud, dichas respuestas se miden en primera instancia en términos de desempeño productivo.

Al suplementar con humatos en periodos tardíos de producción de huevo (0,1% y 0,2% de la dieta) aunque no se afecta el consumo de alimento, la producción de huevo se incrementa, se reduce la mortalidad y mejora la eficiencia en la conversión alimenticia pero no mejora la calidad del huevo⁵⁵.

Se han probado los ácidos húmicos líquidos en el agua de bebida de gallinas ponedoras entre las semanas 26 y 90, concluyendo que la adición de humatos líquidos en el agua de bebida mejora los parámetros de producción eliminando los efectos negativos de la edad y de esta manera incrementa la producción en las fases media y tardía de las gallinas y mejora la calidad de la cáscara del huevo⁹. En gallinas Isa Brown de 51 a 61 semanas, un estudio demostró que la adición de ácidos húmicos en forma líquida a 30 ppm mejora las características de la cáscara del huevo frente al suministro de 90 ppm, lo cual fortaleció la idea de que altos niveles

de ácidos húmicos en la dieta por sus efectos quelantes, disminuyen los contenidos de calcio y fósforo en la sangre, la permeabilidad de las paredes celulares y la absorción de dichos nutrientes. Sin embargo, la suplementación con 90 ppm de ácidos húmicos aumenta el consumo de alimento, el porcentaje de producción de huevos y el peso de los huevos aunque la conversión alimenticia no se afecta ¹⁰.

Adicionalmente, al combinar humatos con L-carnitina con el propósito de participar en el metabolismo de la energía, tampoco se observaron cambios significativos en los parámetros productivos ni hematológicos de las aves ⁵⁴.

Tabla 1. Cuadro comparativo sobre los estudios mencionados arriba que evalúan el efecto de la sustancias húmicas en gallinas ponedoras.

Edad aves en sem	Cantidad de SH	% Pdn	Calidad del huevo	Peso corporal	Colesterol	Peso del huevo	Parámetros hematológ	Mortalidad
22-40	0,15%	—	—	↑	↓	—	—	—
32-44	200 ppm	↑	↑	—	—	↑	↑	—
36-40	60 ppm	↑	—	—	—	↑	—	—
36-40	0,1 y 0,2%	↑	—	—	—	—	—	↓
51-61	30 ppm	—	—	—	—	—	—	—
51-61	90 ppm	↑	↑	—	—	—	—	—
↑	Aumentó	—	—	—	—	—	—	—
↓	Disminuyó	—	—	—	—	—	—	—
—	No se vio afectado	—	—	—	—	—	—	—

Efecto quelante de las sustancias húmicas

Resulta oportuno resaltar que por la naturaleza iónica negativa de los ácidos húmicos, siendo ácidos orgánicos que pueden quelar metales catiónicos y por consiguiente tienen la habilidad de formar complejos para disminuir la absorción o antagonizar los efectos tóxicos, su uso para disminuir la toxicidad de metales contaminantes o la acumulación de estos en los tejidos animales cobra importancia en la alimentación animal y en el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados, los cuales generan hepatotoxicidad, nefrotoxicidad y acumulación de dichos metales en órganos y tejidos que son destinados al consumo humano ^{19, 21, 56}; El suministro de ácidos húmicos a razón de 0,5 g/kg y Plomo en la dieta, demostró el efecto quelante con una disminución significativa de la acumulación de plomo en hígado, riñones, músculos y huesos de broilers, en contraste con el grupo control y sobre la acumulación de mercurio en los mismos tejidos, se disminuyó en un 4,9% ⁵⁷. No obstante, debido a los contenidos de Mercurio en los ácidos húmicos (0,222 mg/kg), los niveles de mercurio

acumulado en hígado, riñones, cerebro y músculos, aumentaron dos y tres veces excediendo los límites permitidos (0,05 mg/kg en muestra fresca) aunque la acumulación se redujo significativamente frente al grupo control positivo (altas dosis de metilmercurio) y se redujeron los efectos adversos sobre los parámetros productivos. En este mismo experimento el hallazgo de una mayor concentración sanguínea de fósforo y menor concentración de cobre sanguíneo se atribuyó a la formación de los complejos metal-húmicos.

Teniendo en cuenta que la exposición a iones cadmio baja el nivel de calcio en el organismo causando una interrupción del metabolismo normal del calcio ² el uso de sustancias húmicas en la alimentación animal, protege de posibles contaminaciones de fuentes hídricas o alimenticias como lo aseguran algunos investigadores¹⁶ al demostrar que la acumulación de cadmio en tejido muscular, riñones e hígado de broilers disminuye cuando las aves han sido suplementadas con ácidos húmicos.

No obstante lo anterior, suplementar con sulfato de zinc y ácido húmico al tiempo, no genera diferencias estadísticamente significativas en depósitos de zinc a nivel de hígado, músculos de la pierna ni riñones. Adicionalmente, el efecto quelante del ácido húmico se refleja en la disminución del efecto antiaterogénico (evita la formación de ateromas) que tiene el Zn en presencia de cobre y por consiguiente los niveles de colesterol se aumentan ¹⁷, aunque el suministro de sustancias húmicas en la dieta con niveles normales de Iodo no tiene influencia sobre el peso de la tiroides y por consiguiente no se comporta como bociogénico ¹⁸.

Por otra parte y no menos importante para la industria avícola, se evaluaron oxihumatos (ácidos húmicos a partir de carbón bituminoso) como quelantes de aflatoxinas B1 tanto *in vitro* como *in vivo* ⁴⁷ y encontraron que *in vitro* los oxihumatos

fueron capaces de formar complejos con las aflatoxinas e *in vivo* dichos complejos se reflejaron en la inhibición de los efectos tóxicos que la aflatoxina produce a nivel gástrico y hepático, así como también el aumento de los valores en el hematocrito, incremento en la proteína sérica total, mientras que las transaminasas hepáticas no presentaron cambios significativos.

Todos los reportes expuestos anteriormente, fortalecen la utilidad de los ácidos húmicos en la alimentación de sistemas de producción avícola tanto como promotores de crecimiento así como método preventivo para quelar sustancias químicas tóxicas que en un momento dado contaminen el alimento o el agua de bebida de los animales de producción, siempre y cuando las sustancias húmicas no sean portadores de tóxicos. (Figura 1)



Figura 1. Mejoras Productivas y fisiológicas de la inclusión de sustancias húmicas reportadas en la alimentación de aves. Fuente: los autores.

Conclusiones

Aunque las sustancias húmicas no se reportan en las tablas de aditivos para el diseño de dietas animales, los estudios demuestran que dichas sustancias tienen un potencial significativo como promotores de crecimiento tanto en pollos de engorde como en gallinas ponedoras, mejorando los parámetros productivos, las características de la carcasa y de la cáscara de los huevos especialmente en las fases tardías de producción donde uno de los principales inconvenientes es la disminución en la producción, la fragilidad de la cáscara

y por consiguiente la calidad del producto. Teniendo en cuenta que la ganancia de peso, tasa de conversión, producción de huevos y porcentaje de mortalidad son los parámetros productivos más importantes en los sistemas de producción avícola y que dichos factores dependen en gran parte del estado sanitario y la respuesta inmune de las aves, se evidencian vacíos de conocimiento en cuanto al efecto de las sustancias húmicas sobre el sistema inmune y sus respuestas celulares y humorales en las diferentes fases de producción, así como otras respuestas fisiológicas que expliquen los resultados obtenidos sobre los parámetros productivos en investigaciones previas.

Desde otro punto de vista, la utilización de sustancias húmicas en la dieta como suplemento alimenticio, aporta un grano de arena en los procesos de producción animal limpia y conservación del medio ambiente por cuanto es un producto de origen orgánico que minimiza emisiones y uso de insumos tóxicos y que de acuerdo con el sustrato y los mecanismos de extracción de donde provengan garantizan la calidad de los productos de origen animal reduciendo riesgos para la salud humana.

Referencias

- Aksu M, Karaoglu M, Kaya M, Esenbuga N, Macit M. Effect of dietary humate on the pH, TBARS and microbiological properties of vacuum and aerobic packed breast and drumstick meats of broilers. *J Sci Food Agric.* 2005;85:1485-1491.
- Blommfield M. Química de los organismos vivos. Editorial Limusa S.A de CV México. 2001.
- Brighenti C, Reis E, Reis C. Características físico-químicas de ácidos húmicos em diferentes etapas da vermicompostagem. *Eclética Química.* 2010;35 (3):69-82.
- Canellas L, Moraes A, Rumjanek V, García M, Guridi F, Santos G, Velloso A, Braz-Filho R. Structural features of humic acids isolated from soils amended with urban organic residues: an elemental composition, ¹³C NMR, and Pi GC/MS analysis. *Rev. bras. Cienc. Solo.* 2002; 26 (2):333-341.
- Celyk K, Uzatici A, Akin A. Effects of dietary humic and *Saccharomyces cerevisiae* on performance and biochemical parameters of broiler chickens. *Asian J Anim Vet Adv.* 2008;3(5):344-350.
- Ceylan N, Ciftcy L. The effects of some alternative feed additives for antibiotic growth promoters on the performance and gut microflora of broiler chicks. *Turkey journal veterinary animal science.* 2002;27:727-733.
- Collins D, Gibson G. Probiotics, prebiotics, and symbiotic: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *Journal Clinical Nutrition.* 1999;69:1025S-7S).
- Cusack PMV. Effects of a dietary complex of humic and fulvic acids on the health and production of feed lot cattle destined for the Australian domestic market. *Aust. Vet. J* 2008;86: 46-49.
- Eren M, Gezen S, Deniz G, Orhan F. Effects of liquid humate supplemented to drinking water on the performance and eggshell quality of hens in different laying periods. *Revue. Med vet.* 2008;159(2):91-95.
- Ergin O, Isa C, Nuh O, Guray E. Effects of dietary humic substances on egg production and egg shell quality of hens after peak laying period. *Afr. J. Biotechnol.* 2009;8(6):1155-1159.
- Ergin O, Ocak N, Turan A, Erener G, Altop A, Cankaya S. Performance, Carcass, gastrointestinal tract and meat quality traits and selected blood parameters of broilers fed diets supplemented with humic substances. *J. Sci food agric.* 2011; 92. 59-65.
- European union register of feed additives pursuant to regulation EC No 1831/2003. 139th edition. Published 20.03.2012.
- Fundacionfedna.org. Tablas FEDNA. Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal. 2010.
- Galip N, Polat U, Biricik H. Effects of supplemental humic acid on ruminal fermentation and blood variables in rams. *Italian Journal of Animal Science.* 2010 9. Available at: <http://www.aspajournal.it/index.php/ijas/article/view/ijas.2010.e74>>. Date accessed: 30 Mar. 2013.
- Griban VG. Energy exchange and productivity of cattle given sodium humate in their diets. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya* 1990;6:106-112. (abstract)
- Herzig L, Navratilová M, Suchy P, Vecerek V, Totusek J. Model trial investigating retention in selected tissues using broiler chicken fed cadmium and humic acid. *Veterinarni Medicina UZPI.* 2007;52(4):162-168.
- Herzig L, Navratilová M, Totusek J, Suchý P, Vecerek V, Blajová J, Zralý Z. The effect of humic acid on zinc accumulation in chicken broiler tissues. *Journal Animal Science.* 2009;54(3):121-127.

18. Huanq T, Lu F, Tsai C, Chopra L. Effect of humic acids on thyroidal function. *Journal Endocrinology Invest.* 1994;17(10):787-791.
19. Hussein H, Abu Zinadalu O, Rebey E, Meerasahib M. Environmental assessment of ground water pollution by heavy metals and bioaccumulation of mercury residues in chicken tissues. *Afr. J. Biotechnol.* 2011;10(71):16089-16100.
20. Islam K, Schuhmacher A, Gropp J. Humic acid substances in animal agriculture. *Pakistan Journal of nutrition.* 2005;4(3):126-134.
21. Janos P, Hula V, Bradnová P, Pilarová V, Sedlbauer J. *Chemosphere.* 2009;75(6):732-738.
22. Ji F, McGlone J, Kim S. Effects of dietary humic substances on pig growth performance, carcass characteristics and ammonia emission. *Journal of animal science.* 2006;84(9):2482-2490.
23. Karaoglu M, Macit M, Esenbuga N, Durdag H, Turgut L, Bilgin C. Effect of supplemental humate at different levels on the growth performance, slaughter and carcass traits of broilers. *Int. J. Poult. Sci.* 2004;3(6):406-410.
24. Kaya C, Tuncer S. The effects of humates on fattening performance, carcass quality and some blood parameters of broilers. *Journal of animal and veterinary advances.* 2009;8(2):281-284.
25. Kucukersan S, Kucukersan K, Colpan L, Goncuoglu E, Reisly Z, Yesilbag D. The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. *Veterinary Medicine.* 2005;50(9):406-410.
26. Laub R. The chemically induced inhibition of HSV infection. Laub Biochem corp. 1998. www.laubiochem.com
<http://www.laubiochem.com/>
27. Lipczynska-Kochany E, Kochany J. Effect of humate on biological treatment of wastewater containing heavy metals. *Chemosphere.* 2009; 77(2):279-284.
28. Lotosh T. Experimental basic and prospects for the use of humic acid preparations from peat in medicine and agriculture production. *Nauchnye Doki Vyss Shkoly Biol. Nauki.* 1991;(10):99-103.
29. McMurphy CP, Duff GC, Sanders SR, Cuneo SP, Chirase NK. Effects of supplementing humates on rumen fermentation in Holstein steers. *S. Afr. J. Anim. Sci* 2011; 41(2): 134-140.
30. Matos G, Arruda M. Vermicompost as natural adsorbent for removal metal ions from laboratory effluents. *Process Biochem.* 2003;39(1): 81-88.
31. Maysa H, Sheikh A. The effect of dietary humic acid supplementation on some productive and physiological traits of laying hens. *Egypt poultry science.* 2008;28(4):1043-1058.
32. Naudé P, Cromarty A, Van Rensburg C. Potassium humate inhibits carrageenan-induced paw oedema and a graft-versus-host reaction in rats. *Inflammopharmacology.* 2010; 18(1):33-39.
33. Pasqualoto L, Lopes F, Okorokova-Facanha, Rocha A. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence and plasma membrane H-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology.* 2002;140:1951-1957.
34. Patti A, Rose M, Little K, Jackson R, Cavagnaro T. A meta-analysis of plant-growth response to humic substance applications. *Geophysical Research Abstracts* 2013; 15: 12892.
35. Pereira M, Arruda M. Vermicompost as natural adsorbent material: characterization and potentialities for cadmium adsorption. *J. Braz. Chem. Soc.* 2003;14(1):39-47.
36. Pires D, Malheiros E, Boleli L. Influence of Sex, Age, and Fasting on Blood Parameters and Body, Bursa, Spleen and Yolk Sac Weights of Broiler Chicks. *Braz. J. Poult. Sci.* 2007;9(4):221-228.
37. Rath N, Huff W, Huff G. Effects of humic acid on broiler chickens. *Poultry Science.* 2006;85:410-414.
38. Rocha J, Rosa A, Furlan M. An alternative Methodology for the extraction of humic substances from organic soils. 1998. *J. Braz. Chem. Soc.* 9, 1, 51-56.

39. Rodríguez TM, Venegas J, Angoa M, Montañez J. Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2010;1(2):132-146.
40. Rosmini M, Sequeira G, Guerrero L, Marti L, Dalla R, Frizzo, L, et al. Producción de Prebióticos para animales de abasto: importancia del uso de la microbiota intestinal indígena. *Revista mexicana de ingeniería química*. 2004;3(002):181-191.
41. Sabi R, Vrey P, Van Rensburg C. Carbohydrate-derived fulvic acid (CHD_FA) inhibits carrageenan-induced inflammation and enhances wound healing: efficacy and toxicity study in rats. *Drug Development Research*. 2011; 73(1):18-23.
42. Samudovska A, Demeterová M. Effect of diet supplement with natural humic compounds and sodium humate on performance and selected metabolic variables in broiler chickens. *Acta vet BRNO*. 2010; 79:385-393.
43. Schuldt M. *Lombricultura teoría y práctica*. 2006. ISBN: 84-8476-296-3. Ediciones Mundi prensa. Madrid.
44. Shi Y, Parker DB, Cole NA, Auvermann BW, Mehlhorn JE. Surface amendments to minimize ammonia emissions from beef cattle feedlots. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 2001. 44:677-682.
45. Simpson A. Determining the molecular weight, aggregation, structures, and interactions of natural organic matter using diffusion ordered spectroscopy. *Magnetic Resonance in Chemistry*. 2002;40:S72-S82
46. Van Rensburg J., Van Rensburg C, Van Rissen J. In vitro and in vivo assessment of humic acid as an aflatoxin binder in broiler chickens. *Poultry Science*. 2006;(85):1576-1583.
47. Van Rensburg C, Badenhorst B, Ghandy J, Snyman J. Potassium humates reduces inflammation and clinically improves the outcomes of patients with osteoarthritis of the knee. *Open Conf Proc J*. 2010;(1):69-74.
48. Van Stempvoort D, Lesage S, Steer H. Binding of hydrophobic organic contaminants to humalite derived aqueous humic products, what implication for remediations. *Water qual. Res. J. Canada*. 2003;38(2):267-281.
49. Váradyová Z, Kišidayová S, Jalč D. Effect of humic acid on fermentation and ciliate protozoan population in rumen fluid of sheep *in vitro*. *J Sci Food Agric* 2009; 89: 1936-1941
50. Vlcová Z. Chemical and physical transformations of humic acids. Tesis doctoral. Faculty of chemistry, Institute of physical and applied chemistry. BRNO University id technology. 2009.
51. Vlcová Z, Grasset L, Antosová B, Pekar M, Kucerik J. Lignite pretreatment and its effect on bio-stimulative properties of respective lignite humic acids. *Soil Biol. Biochem*. 2009;(41):1894-1901.
52. Wang Q, Chen Y, Yoo J, Kim H, Cho J, Kim I. Effect of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. *Livest Sci*. 2008;(117):270-274.
53. Wondmeneh E, Getachew T, Dessie T. Effect of Effective Microorganisms (EM®) on the growth parameters of fayoumi and Horro chicken. *Int. J. Poultry Sci*. 2011;10(3):185-188
54. Yalcin S, Ergun A, Ozsoy B, Yalcin S, Erol H, Onbasilar L. The effect of dietary supplementation of L- carnitin and humic substances on performance, egg trait and blood parameters in laying hens. *Journal Animal Science*. 2006;19(10):1478-1483.
55. Yoruk M, Gul M, Hayirly A, Macit M. The effects of supplementation of humate and probiotics on egg production and quality parameters during the late laying period in hens. *Poultry Science*. 2004;83: 84-88.
56. Zralý Z, Pisariková B, Trecková M, Navratilová M. Effect of humid acid on lead accumulation in chicken organs and muscles. *Acta Vet BRNO*. 2008;(77):439-445.
57. Zralý Z, Pisariková B, Navratilová M. Effect of humic acid on mercury accumulation in chicken organs and muscles tissues. *Czech J. Anim. Sci*. 2008;53(11):472-478.