



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

UTILIZACIÓN DE ENZIMAS XILANASAS, β -GLUCANASAS Y
FITASAS EN DIETAS MAÍZ-PASTA DE SOYA PARA
GALLINAS EN POSTURA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

P R E S E N T A

ALMA SELENE VÁZQUEZ DELGADO

ASESORES: MVZ. MC. ARTURO CORTES CUEVAS

MVZ. MSc. ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ



México, D.F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A Concepción Escorcía Martínez por tus consejos, compañía, apoyo, cariño, por cuidar de mí. Gracias por todo el amor y por todo lo que me enseñaste. Te extraño.

A mi madre Miriam Araceli Delgado Escorcía por ser mi mayor apoyo, mi mejor consejera y mi más grande amiga.

A mi padre Roberto Vázquez Zea por ayudarme a cumplir todos y cada uno de mis sueños.

A mis hermanos Araceli y Roberto; y mi cuñada Yazmín por su apoyo.

A Alan por ser la luz de mi vida.

A Jorge Miguel Iriarte por acompañarme, escucharme, por los buenos momentos y los que faltan, pero sobre todo por darme la oportunidad de estar a tu lado y descubrir una nueva vida.

A mis amigos, los de siempre, los de ahora y todos aquellos con los que en algún momento compartí grandes experiencias: Ángel, Aniha, Alexis, Badhí, Eduardo, Elve, Flor, Griselda, Héctor, Isaías, Lizbeth, Miguel, Oscar, Paola, Rita y Yessica.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por la oportunidad de ser parte de su comunidad y de todo lo que representa para México.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por formarme, por que en ella viví grandes momentos y conocí grandes profesores y amigos.

Al Dr. Ernesto Ávila González por el apoyo, los consejos en la realización de este trabajo y por ser un ejemplo a seguir.

Al Dr. Arturo Cortes, por sus valiosos consejos, su tiempo para este trabajo y su amistad.

A los profesores y amigos del C.E.I.E.P.Av de quienes he aprendido mucho, en quienes confío y estimo: Dra. Pilar Castañeda, Dra. Elizabeth Posadas, Dr. Benjamín Fuente, Dr. Ezequiel Sánchez, Dr. Jaime Esquivel y Dr. Tomás Jínez.

A las Doctoras Cecilia Rosario y Yolanda Castañeda por el tiempo dedicado a la revisión y corrección del presente trabajo.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
HIPÓTESIS.....	16
OBJETIVOS.....	17
MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
RESULTADOS.....	22
DISCUSIÓN.....	23
CONCLUSIONES.....	26
REFERENCIAS.....	27
CUADROS.....	34

RESUMEN

VÁZQUEZ DELGADO ALMA SELENE. Utilización de enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas en dietas maíz-pasta de soya para gallinas en postura (bajo la dirección de M.C Arturo Cortes Cuevas y MSc. Ernesto Ávila González)

El presente experimento se realizó con la finalidad de evaluar la adición de una mezcla de enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas en dietas maíz-pasta de soya con reducción de nutrientes para gallinas de postura, sobre las variables productivas. Se emplearon 336 gallinas Bovans White de 53 semanas de edad en un diseño completamente al azar con 2 tratamientos. Cada tratamiento contó con 7 repeticiones de 24 gallinas cada una. Los tratamientos fueron: 1) dieta testigo con 17.5% de proteína cruda (PC), 2893 kilocalorías (kcal) de energía metabolizable (EM)/kg, 4.1% de calcio y 0.4% de fósforo disponible; 2) dieta con reducción de nutrientes, 16.80 % de PC 2823 kcal de EM/kg, 4.0% de calcio y 0.3% de fósforo + enzimas. Las enzimas se adicionaron a razón de 100 g por tonelada de alimento. La duración del experimento fue de 70 días. Los datos obtenidos de las variables en estudio, se sometieron a un análisis de T de Student. Los resultados obtenidos al final del estudio para porcentaje de postura (90.8 y 90.7%), peso de huevo (63.9 y 63.8 g), masa de huevo/ave/día (58.1 y 57.9 g), consumo de alimento ave/día (111.3 y 111.1 g), conversión alimenticia (1.920 y 1.910), grosor de cascarón (0.364 y 0.369 mm) y porcentaje de huevo roto y en fáfara (1.21 y 1.67 %) para los tratamientos 1 y 2 respectivamente, indicaron que no existió diferencia ($P>0.05$) entre ellos. El amarillamiento de la yema (50.8a y 52.6 b), se incrementó ($P<0.05$) con la adición de las enzimas. Con base en los resultados obtenidos, se puede

concluir que la inclusión de enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas en dietas maíz-soya permite reducir nutrientes, sin afectar el comportamiento productivo de las gallinas, además de que se mejora la pigmentación amarilla de la yema.

INTRODUCCIÓN

En México, la avicultura se desempeña como una actividad significativa en la economía, como ejemplo de lo anterior, se puede mencionar que en el 2008 participó con el 0.67% del Producto Interno Bruto (PIB), el 18.87% del PIB agropecuario y el 36.88% del PIB pecuario. Además, durante el periodo de 1994-2008 mantuvo un crecimiento anual del 5.2%¹.

Dentro de la industria avícola nacional, la producción de huevo es muy importante, ya que actualmente se producen 2.3 millones de toneladas, con una tasa media de crecimiento anual de 3.3%, además de ser el primer país consumidor con 21.7 Kg de consumo *per capita*¹. La industria avícola especializada en la producción de huevo se enfrenta a retos para mejorar la eficiencia económica de la misma, uno de ellos es la calidad del cascarón, debido a que los defectos del mismo representan un huevo perdido, lo cual reduce la eficacia económica de esta área. En México no se cuenta con datos acerca de las pérdidas de huevo por rompimiento a causa de un cascarón defectuoso; sin embargo, en los Estados Unidos de América se ha reportado que éstas pueden llegar a ser de hasta 8%².

Otro de los retos a los que se enfrenta la avicultura es la disminución de los costos de producción por concepto de alimentación³, la que actualmente representa el 61.3%¹ de los mismos. De lo anterior, la importancia de encontrar alternativas para la resolución de dichos retos³. Por todo lo mencionado, se plantea el uso de suplementos enzimáticos para mejorar la calidad del cascarón y la incidencia de huevos sucios, debido al mejor aprovechamiento de los nutrientes y disminución de excretas pastosas⁴, además de disminuir los

costos de alimentación, al formular dietas reducidas en nutrientes o con materias primas de menor calidad y costo, sin comprometer el rendimiento de las aves ni la calidad de sus productos⁵.

El consumo de alimento en las aves es regulado a través de la satisfacción de las necesidades energéticas; cuando se aumenta la concentración energética del alimento se reduce el consumo del mismo. Las deficiencias energéticas de la dieta provocan un menor desempeño productivo, incluso comprometen la supervivencia del ave⁶.

La principal fuente de energía en la alimentación de las gallinas de postura son los granos, ricos en carbohidratos y bajos en proteínas^{7,8}. Los carbohidratos son los componentes que se encuentran en mayor cantidad en los alimentos destinados a la alimentación de las aves, ya que pueden llegar a representar hasta 60% de la materia seca (MS) y están compuestos por hidrógeno, carbono y oxígeno. En los granos se encuentran en formas sencillas como azúcares libres, disacáridos, oligosacáridos y complejos como el almidón y los polisacáridos no amiláceos (PNA)^{8,9}. Los polisacáridos se dividen en dos grupos; los polisacáridos amiláceos de reserva (α -glucanos) y los polisacáridos estructurales de la membrana celular (PNA); estos últimos incluyen celulosa, hemicelulosa y pectinas; algunos de ellos son hidrosolubles (PNAs) y otros insolubles en agua⁹.

Por otro lado, la definición de fibra dietética ha cambiado con el paso del tiempo, anteriormente se le consideraba como la suma de polisacáridos y lignina resistente a la hidrólisis en el intestino del hombre, actualmente se

considera que la fibra dietética abarca una gran cantidad de polisacáridos, excepto el almidón (α -glucanos) y azúcares libres⁹.

CARBOHIDRATOS EN LOS GRANOS

Azúcares de bajo peso molecular

Entre los carbohidratos de bajo peso molecular contenidos en los granos se encuentra una fracción reducida de monosacáridos libres, que representan del 2-6% de MS y una fracción de oligosacáridos de sacarosa menor al 2% de MS⁹.

Almidón

Es el principal polisacárido del endospermo, se encuentra en gránulos, de 2 a 100 micras de forma polihédrica y se constituye de polímeros de amilosa y amilopectina. La mayor parte es hidrolizada por enzimas endógenas en el intestino delgado y se absorbe en forma de glucosa, pero, dependiendo de la composición amilosa-amilopectina y del procesado del grano, parte puede fermentarse en los últimos tramos del tracto digestivo, lo que forma la fracción de almidón resistente^{9,10}.

Polisacáridos no amiláceos

Los PNA son polímeros de azúcares simples unidos por enlaces β -glucosídicos, resistentes a las enzimas digestivas del ave pero hidrolizables por enzimas microbianas; se encuentran en las paredes celulares del grano, del endospermo⁸ y en menor cantidad en la capa del aleurona⁹, los cuales son

indigestibles para los animales monogástricos, ya que carecen de enzimas para degradarlos⁵, además disminuyen la digestibilidad de otros nutrientes como proteínas, almidones y grasas¹¹ al encapsularlos dentro de las paredes celulares del endospermo^{12,13}; por todo esto, son considerados como factores antinutricionales¹⁰. La cantidad de PNA contenidos en los granos depende del tipo de grano, la variedad, el genotipo, las condiciones de cultivo y la conservación⁹; los principales son β -glucanos y arabinosilanos¹⁴.

β -glucanos

Su composición química es similar a la celulosa, exceptuando los enlaces $\beta(1-4)$ ⁹, consiste en unidades de D-glucosa unidas por enlaces $\beta(1-4)$ entre los que se intercalan enlaces $\beta(1-3)$ ^{8,15}; estos últimos rompen la linealidad de la molécula haciéndola irregular, lo que favorece su solubilidad y su capacidad para formar soluciones viscosas^{8,13}. La proporción de enlaces no es constante³.

Arabinosilanos

Por su parte, los arabinosilanos son más complejos, están constituidos por polímeros de xilosa y arabinosa; su estructura se forma de polímeros lineales de D-xilosa unidos por enlaces $\beta(1-4)$ y ramificaciones de arabinosa en los carbonos C₂ y C₃^{8,13}; al igual que los β -glucanos, las ramificaciones presentes en los arabinosilanos le confieren la capacidad de formar soluciones viscosas y ser solubles en agua^{8,13}.

Efectos antinutricionales de los PNA

Según Annison y Choct (1991)¹⁶, la digestibilidad de los PNA en las aves es prácticamente nula, además de que la adhesión bacteriana a los mismos no se lleva a cabo debido a sus propiedades laxantes y a los tiempos de retención reducidos en el tracto gastrointestinal.

Cuando se aumenta la concentración de moléculas de PNA en el lumen intestinal forman redes y, dependiendo del número de enlaces entre ellos, incrementa la viscosidad y la capacidad para atrapar agua¹³. Debido a la característica de los PNA de aumentar la viscosidad de la digesta, se produce: 1) reducción de la digestión de los nutrientes¹⁷; 2) se dificulta la unión entre enzimas endógenas y sus sustratos; 3) aumenta el tiempo de tránsito de la digesta, lo que favorece la colonización de la microbiota y con esto se establece una competencia por los nutrientes, lo que reduce la absorción de proteínas, carbohidratos y lípidos¹⁸ y; 4) afectación de las propiedades fisicoquímicas de la mucosa intestinal, debido a que hay una proliferación de enterocitos y un cambio en la morfología de las vellosidades y microvellosidades, lo que favorece la adhesión bacteriana a la superficie de la mucosa y representa un factor importante en la patogénesis de algunas enfermedades^{19,20}. Estos cambios en el tracto gastrointestinal producen excretas pastosas con mayor porcentaje de humedad, lo que resulta en una mayor incidencia de huevos sucios^{4,21,22,23}.

Enzimas

Son compuestos orgánicos de naturaleza proteica catalizadores de reacciones biológicas, actúan bajo condiciones especiales de pH y temperatura, tienen un peso molecular elevado y aceleran reacciones químicas al actuar sobre sus sustratos específicos, a los que se unen por medio de enlaces de hidrógeno³.

Las enzimas del sistema digestivo son de la clase de las hidrolasas, participan en el proceso digestivo, realizan la degradación de polímeros orgánicos en monómeros para su posterior absorción, se clasifican de manera general en carbohidrasas, proteasas y lipasas³. La característica de las enzimas de ser específicas para un sustrato, facilita su efecto sobre la digestibilidad de un nutriente en particular y mejoran su absorción⁹.

Las enzimas en la alimentación de las aves se han utilizado desde hace más de 40 años, aunque su efecto fue poco exitoso, debido a que se obtenían de órganos de animales, lo que causaba que se desnaturalizaran rápidamente⁹. En los últimos 15 años su empleo se ha generalizado, ya que con el uso de la biotecnología, se obtienen a partir de microorganismos tales como hongos y bacterias^{19,24,25}.

Las enzimas usadas en la alimentación animal tienen dos propósitos; complementar aquellas enzimas que se producen de manera insuficiente en el organismo, tales como amilasas y proteasas y; proveer al animal de aquellas que no produce naturalmente como en el caso de las β -glucanasas, xilanasas y fitasas²⁶.

Por lo general, las presentaciones comerciales disponibles actualmente contienen varias enzimas y estas pueden ser carbohidrasas, proteasas y fitasas^{26,27,28}.

En el caso de las carbohidrasas el objetivo es romper la estructura molecular de los PNA y eliminar sus efectos antinutritivos, al liberar más azúcares, esto se logra al desramificar las cadenas laterales y romper las cadenas lineales de los PNA⁷.

Xilanasas y β -glucanasas

Para contrarrestar los efectos negativos de los PNA contenidos en las paredes celulares de los granos y semillas oleaginosas, se utilizan enzimas exógenas, como xilanasas y β -glucanasas^{29,30}, las cuales influyen también en la salud intestinal lo que incrementa la limpieza de los huevos y el grosor del cascarón^{4,31}. La función de estos complejos enzimáticos es hidrolizar los enlaces β -1,4 de los PNA y los transforma de oligosacáridos a monosacáridos, digestibles para el animal^{7,8}.

Los beneficios del uso de dichos complejos en las dietas para gallinas se deben a: 1) aumento del consumo de alimento, debido a que se reduce el tiempo de tránsito en el tracto gastrointestinal; 2) digestión y absorción los nutrientes contenidos en el endospermo por la ruptura de los PNA; 3) mayor facilidad para la actividad de enzimas endógenas y, 4) menor competencia por los nutrientes entre microorganismos y hospedador, gracias a que se reduce la

permanencia del alimento en el intestino. Lo anterior resulta en un mejor desarrollo de las aves y de los parámetros productivos^{24,26,28,29,30,31}.

Fitasas

La principal forma de almacenamiento de fósforo en las materias primas de origen vegetal es el fósforo fítico³², que es un anillo de inositol con seis grupos de fosfato y que se encuentra poco disponible para las aves ya que carecen de la enzima fitasa necesaria para su asimilación^{33,34}.

Las fitasas hidrolizan el fitato encontrado en todos los ingredientes de origen animal. El fitato es una molécula con el potencial de ligarse a nutrientes de carga positiva (Na, Mg, K, Ca y Zn) lo que se considera una propiedad antinutricional ya que compromete la utilización de proteína, energía, calcio y minerales traza³²

Por otro lado, Ravindran *et al.* (1995)³⁵, elaboraron una lista de los principales ingredientes utilizados en dietas para aves en relación al contenido de fósforo fítico y sus efectos en la disponibilidad de otros nutrientes. Los autores observaron un amplio margen en la disponibilidad del fósforo fítico (0 a 50%), dependiendo de la fuente de fitato, la edad de las aves y el nivel de calcio en la dieta. La fitasa hidroliza el fitato y libera fósforo a nivel intestinal. Leske y Coon 1999³³ encontraron que la inclusión de fitasa incrementa la liberación de fósforo de 23 y 34.9% a 46.8 y 72.4%. Al aumentar la disponibilidad de fósforo fítico se reduce la cantidad de fósforo inorgánico que se tiene que suplementar en las raciones, lo que disminuye el costo de las dietas; adicionalmente, hay menor

cantidad de fósforo excretado y con esto una menor contaminación ambiental^{36,37}.

Ventajas del uso de complejos enzimáticos en la alimentación de las aves

Los efectos benéficos del uso de enzimas en la alimentación de las aves son la reducción de la viscosidad intestinal y la liberación de los azúcares aprovechables. La reducción de la viscosidad se debe a la ruptura de los PNA en polímeros pequeños, lo que previene que se formen redes que capturan agua. La liberación de azúcares es resultado de dos mecanismos, el primero es la ruptura de los PNA en los respectivos monosacáridos, el segundo es que al romperse los PNA es liberado el almidón que se encuentra en el endospermo del grano, se expone a la acción de la amilasa endógena y se forma más glucosa²⁶.

Las enzimas se adicionan a las dietas con el propósito de incrementar la digestibilidad de las raciones, remover los factores antinutricionales y para disminuir el impacto ambiental de la actividad avícola. Generalmente las presentaciones comerciales contienen más de un tipo de enzimas, las cuales pueden elegirse según los componentes de las dietas^{26,28}.

De acuerdo con Buchanan *et al.* (2007)³⁸ las enzimas hidrolizan los polisacáridos no amiláceos que pueden ser usados potencialmente por el animal e incrementa la utilización de la energía de la dieta. Además, la liberación del contenido celular permite que exista una digestión enzimática; y por lo tanto, una mayor digestibilidad de todos los nutrientes.

Otro de los beneficios del uso de enzimas, se refiere a la mejora de la salud de las aves, ya que al existir una mayor digestión de todos los nutrientes se limita el sustrato para bacterias patógenas que pudiesen existir en el tracto gastrointestinal. Hinton *et al.* (1993)³⁹ informaron que la gran producción de ácido láctico en el ileon y propionato en los ciegos con la utilización de xilanasas en dietas a base de trigo favorecieron una mejor salud intestinal del pollo de engorda, debido a que el ácido láctico promueve la exclusión competitiva y el propionato es tóxico para *Salmonella* sp. y otras bacterias patógenas. Además como lo ha mencionado Bedford (1996)⁴⁰, algunos ingredientes tales como trigo y centeno están relacionados con la presentación de enfermedades digestivas como enteritis necrótica y coccidiosis debido a su capacidad de aumentar la viscosidad de la digesta al interior en el tracto digestivo de las aves.

Los beneficios económicos de la utilización de complejos enzimáticos están relacionados con la reducción de costos de alimentación, lo que permite la flexibilización de las dietas, es decir, puede sustituirse parcial o totalmente ciertos ingredientes por otros de menor costo, tales ingredientes presentan algunas restricciones debido a la presencia de factores antinutricionales que pueden ser eliminados con la utilización de enzimas^{5,26}.

Acorde a Wyatt y Bedford (1998)⁴¹, existen diferentes enfoques económicos a considerar en la adición de enzimas a las dietas. La aplicación más práctica es llamada dieta "on top" la cual consiste en suplementar a la dieta de tipo práctico

o comercial con enzimas y tiene como objetivo mejorar el rendimiento de forma más económica. Lo anterior provee a la dieta con niveles adicionales de EM, PC y aminoácidos. Otra alternativa consiste en manipular la formulación de la dieta, al reducir los nutrientes y adicionar enzimas con el fin de restaurar el valor nutritivo que se obtendría con una dieta tipo práctico o comercial y obtener parámetros productivos iguales. Como ejemplo de lo anterior se encuentran los estudios llevados a cabo por Strada *et al.* (2005)⁴², en los que se observaron que al usar dietas para pollos de engorda formuladas con valores sobreestimados de EM en 9% y 7% en aminoácidos con la adición de un complejo enzimático (dieta “on top”), se mejoró la eficiencia en la utilización de EM y aminoácidos (met, met+cis y lis). Yu y Chung (2004)⁴³, indicaron que con una dieta con 3% de reducción de EM adicionada con enzimas amilasas, xilanasas y glucanasas para pollos de engorda, se obtuvieron los mismos parámetros productivos que en la dieta testigo.

La aplicación de enzimas en el pollo de engorda está ampliamente estudiada, no así en la gallina de postura. Los primeros estudios no obtuvieron resultados concluyentes; sin embargo, estudios recientes indican que la suplementación con enzimas reduce la viscosidad intestinal y la incidencia de huevos sucios, además de mejorar la producción de huevo, la conversión alimenticia y afecta positivamente la calidad del huevo^{4,44}. Un ejemplo de lo anterior son los estudios realizados por Perazzo *et al.* (2008)²⁶ quienes valoraron el efecto de enzimas exógenas en el rendimiento y calidad de huevo en gallinas de segundo ciclo (72 semanas de edad).

Los resultados mostraron que no existió diferencia significativa entre tratamientos en consumo de alimento y peso del huevo. Sin embargo se

encontraron diferencias en producción de huevo, masa de huevo y conversión alimenticia, los mejores resultados se obtuvieron con la adición de enzimas.

Carrasco *et al.* (2004)⁴⁴ evaluaron el efecto de la suplementación enzimática en la clasificación comercial del huevo utilizando un complejo enzimático compuesto por 1.000 U/g de endo-1,3(4)- β -glucanasa y 1.600 U/g endo-1,4- β -xilanasas a razón de 125ppm. A las 46 semanas de edad, la suplementación enzimática aumentó significativamente el peso del huevo de 66.7 g en la dieta testigo a 68.3 g en la dieta adicionada con enzimas; además, a las 42 semanas las gallinas alimentadas con la dieta suplementada con enzimas aumentaron el tamaño de huevo de manera significativa. Según los autores, la mejora en la clasificación comercial, supuso un aumento del 4.7% de beneficio económico.

Madiot *et al.* (2005)⁴ llevaron a cabo un experimento consistente en dos ensayos en el que evaluaron dos dietas, la primera a base de trigo, cebada y pasta de soya con y sin inclusión de complejo enzimático y la segunda a base de maíz y pasta de soya con y sin complejo enzimático, el cual contenía endo-1,3(4)- β -glucanasa, endo-1,4- β -xilanasas, pectinasa y mananasa en cantidades no determinadas. En ambos ensayos se observó que se redujo el consumo de alimento, con lo que se mejoró la conversión alimenticia y disminuyó el porcentaje de huevos sucios en las dietas suplementadas con el complejo enzimático. En ninguno de los dos ensayos existieron diferencias significativas entre la dieta testigo y la dieta suplementada con enzimas en los parámetros porcentaje de postura, masa de huevo y peso promedio del huevo. Según los investigadores, los resultados sugieren que la adición de enzimas aumentó la disponibilidad de los nutrientes y logró una respuesta igual en términos de

número y peso del huevo con menos alimento consumido, además de que se observó cierta mejoría en los parámetros de calidad del huevo como la resistencia del cascarón.

Con base en estos antecedentes, se planteó el presente estudio con la finalidad de evaluar el efecto de la inclusión de enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas en dietas maíz-pasta de soya, sobre el comportamiento productivo de gallinas de postura.

HIPÓTESIS

La inclusión de enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas en dietas maíz-pasta de soya con menor contenido de nutrientes (EM, PC, aminoácidos, calcio y fósforo) para gallinas en postura, no afecta el comportamiento productivo y la calidad del huevo, lo que permite emplear un menor contenido de pasta de soya, aceite vegetal y ortofosfato en la dieta.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la adición de las enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas sobre el comportamiento productivo y la calidad del huevo en gallinas de postura alimentadas con dietas maíz-pasta de soya con menor contenido de nutrientes.

Objetivos Específicos

1. Medir los parámetros productivos (ganancia de peso, porcentaje de postura, peso promedio del huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y masa de huevo) de gallinas de postura alimentadas con una dieta tipo práctico o comercial maíz-pasta de soya y otra baja en nutrientes adicionada con enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas.
2. Medir la calidad interna (pigmentación de la yema) del huevo de gallinas de postura alimentadas con una dieta tipo práctico o comercial maíz-pasta de soya y otra baja en nutrientes adicionada con enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas.
3. Medir el grosor de cascarón del huevo de gallinas de postura alimentadas con una dieta tipo práctico o comercial maíz-pasta de soya y otra baja en nutrientes adicionada con enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas.
4. Determinar el porcentaje de huevo roto y en fáfara de gallinas de postura alimentadas con una dieta tipo práctico o comercial maíz-pasta de soya y otra baja en nutrientes adicionada con enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se localiza en la calle de Salvador Díaz Mirón núm. 89 en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal, a una altura de 2250 msnm, en el paralelo 19°17' latitud norte y el meridiano 99° 02' 30" longitud oeste. El clima es de tipo templado subhúmedo (Cw), el mes más frío es enero y mayo el más caluroso; su temperatura promedio anual es de 16°C y la precipitación pluvial anual media de 747 mm⁴⁵.

Se utilizaron 336 gallinas de la línea Bovans White de 53 semanas de edad, que fueron alojadas en jaulas de tipo convencional, las cuales contenían tres gallinas cada una, en una caseta de ambiente natural. Las aves se distribuyeron al azar en 14 grupos de 24 aves cada uno. El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso durante todo el experimento.

Los tratamientos (dietas) experimentales y su contenido de nutrientes, se muestran en los Cuadros 1 y 2, fueron tipo práctico o comercial maíz-pasta de soya y se balanceó una dieta testigo según las especificaciones del manual de la estirpe Bovans White, con 17.5% de PC, 2893 Kcal/Kg de EM, 4.1% de calcio y 0.4% de fósforo disponible. Se formuló, también, una dieta similar reducida en nutrientes, empleando el aporte de nutrientes indicados en la matrix del complejo enzimático (Cuadro 3), a 2823 kcal/kg de EM, 16.80 % de PC, 4.0% de calcio y 0.3% de fósforo.

Las enzimas (Rovabio maxTM de Adisseo) que se utilizaron contenían xilanasas, β -glucanasas y fitasas, producidas por el microorganismo *Penicillium funiculosum*, a una dosis de 100 g por tonelada de alimento. Las enzimas utilizadas contenían una actividad mínima de:

a) endo-1,4-xilanasas: 1400 unidades AXC/g.

- 1 unidad de AXC se define como la liberación de los oligómeros no precipitables en etanol a partir de un xilano asociado a un cromóforo, correspondiente a una absorbancia de 1.23 unidades a 590 nm.

b) endo-1-3(4)- β -glucanasa: 200 AGL unidades/g

- 1 unidad de AGL se define como la liberación, de los oligómeros no precipitables en etanol, a partir de un glucano asociado a un cromóforo, correspondiente a una absorbancia de 0.82 unidades a 590 nm.

c) Glucanasa y fitasa en cantidades no definidas.

Se utilizó un diseño completamente al azar de 2 tratamientos, con 7 repeticiones de 24 gallinas cada una. Los tratamientos fueron como se señala a continuación:

- Tratamiento 1. Dieta testigo sin inclusión de complejo enzimático.
- Tratamiento 2. Dieta baja en nutrientes más complejo enzimático.

Semanalmente, durante 10 semanas, se resumieron los datos de porcentaje de postura, peso promedio del huevo, porcentaje de huevos con cascarón roto y huevo en fáfara, consumo de alimento, masa de huevo por ave por día, porcentaje de mortalidad y conversión alimenticia. Los pesajes del huevo se

realizaron por réplica, con una báscula electrónica marca Torrey modelo EQ-5/10 con capacidad de 5×0.001 Kg.

El pesaje del alimento servido se realizó cada tercer día en la báscula electrónica, para evitar desperdicio del mismo y para que siempre estuviera disponible. El consumo se obtuvo por la diferencia entre lo servido y el sobrante semanal. Los bebederos se limpiaron por lo menos dos veces por semana y se realizaron revisiones diarias para evitar obstrucciones en alguno de ellos. Se revisó diariamente la salud de las aves y su comportamiento.

Al final del experimento se evaluó la pigmentación de la yema del huevo con un colorímetro de reflectancia Minolta CR-400; así como el grosor del cascarón con un micrómetro electrónico marca Mitutoyo, para lo cual se utilizaron 30 huevos de cada tratamiento.

Además, se pesaron las gallinas al inicio y al final de la investigación para calcular la ganancia de peso.

Modelo estadístico

Al final del estudio, a los datos obtenidos de las variables en estudio, se les realizó un análisis de varianza y un estadístico de T de Student⁴⁶:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde:

t = valor estadístico de la prueba T de Student.

\bar{X}_1 = valor promedio de T1.

\bar{X}_2 = valor promedio de T2.

S_p = desviación estándar de ambos tratamientos.

n_1 = tamaño de la muestra de T1.

n_2 = tamaño de la muestra de T2.

RESULTADOS

En el Cuadro 4, aparecen los datos de peso inicial, peso final y la ganancia de peso en 10 semanas de experimentación, los resultados no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$).

Los resultados obtenidos en 10 semanas de experimentación, para porcentaje de postura, peso promedio del huevo, índice de conversión, consumo de alimento y masa de huevo, se encuentran resumidos en el Cuadro 5. Se puede apreciar que no hubo diferencia ($P>0.05$) entre tratamiento en las variables en estudio. Por otro lado, en el Cuadro 6, se muestran los resultados promedio de amarillamiento (b), grosor de cascarón, porcentaje de cascarón roto y porcentaje de huevo en fáfara. Se puede observar que en las variables grosor de cascarón, porcentaje de huevo roto y en fáfara, no hubo diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos. Los resultados de amarillamiento en la yema del huevo indicaron efecto benéfico ($P<0.05$) a la adición de enzimas, es decir, el color amarillo en la yema del huevo, se incrementó con la inclusión de enzimas.

DISCUSIÓN

Los datos obtenidos en porcentaje de postura, peso promedio del huevo, índice de conversión, consumo de alimento y masa de huevo, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), esto puede deberse a que la adición de enzimas complementó a la dieta baja en nutrientes, al permitir mayor digestión de los nutrientes que se encuentran encapsulados en el interior del grano y semillas oleaginosas; este efecto, se explica debido a que las enzimas destruyen los factores antinutricionales y mejoran la digestibilidad del maíz y la pasta de soya^{11,24}, lo anterior se traduce en una menor inclusión de pasta de soya, aceite vegetal y ortofosfato. Estos datos coinciden en parte con los encontrados por Perazzo *et al.* (2008)²⁶, quienes también utilizaron una dieta maíz-pasta de soya disminuida en nutrientes (EM, PC y aminoácidos) y adicionada con enzimas en gallinas Bovans, sin que se afectaran los parámetros productivos, ni la calidad del huevo. Otros autores^{3,23,47} también concluyeron que la suplementación con enzimas, permite formular dietas reducidas en nutrientes a menor costo sin afectar el rendimiento en gallinas de postura, debido a que existe una mejora en la disponibilidad de los nutrientes y se reduce la pérdida de los mismos.

En un estudio realizado por Madiot *et al.* (2005)⁴, encontraron una mejor conversión alimenticia en relación a un menor consumo de alimento en las gallinas alimentadas con dietas no reducidas en nutrientes a base de trigo-cebada-pasta de soya y la otra con maíz-pasta de soya adicionadas con enzimas. Cabe señalar, que en la primera dieta encontraron que disminuyó el porcentaje de huevo roto en gallinas de 21 a 48 semanas de edad.

En estudios que se han llevado a cabo para evaluar el efecto de las enzimas en el desempeño de las gallinas de postura, los resultados han sido muy diversos, debido a que existen varios factores a considerar, tales como los ingredientes usados en las dietas, la calidad de estos, las enzimas que se eligen, la cantidad, el tipo e incluso el método de obtención de las mismas. Sin embargo de manera general, la mayoría de los autores han observado que influyen positivamente en los parámetros productivos^{4,15,19,29,31,44,48}.

Los resultados de coloración amarilla indicaron ser diferentes estadísticamente ($P < 0.05$) entre tratamientos, con una mejor pigmentación en la dieta suplementada con el complejo enzimático, quizá debido a una mejor salud intestinal y una mayor digestión de los componentes de la dieta, estos resultados coinciden parcialmente con los obtenidos por Mourao *et al.* (2006)²⁰ estos autores evaluaron xilanasas y fitasas en dietas trigo-canola-pasta de soya en gallinas ligeras y semipesadas y encontraron una pigmentación mayor respecto a la dieta que no contenía a enzimas. Este efecto lo han encontrado en otros estudios y han demostrado que la adición de enzimas mejora la digestibilidad de los nutrientes entre ellos los pigmentos¹¹

En cuanto a la calidad del cascarón en la presente investigación no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos, pero si existió un efecto benéfico a la adición del complejo enzimático en el tratamiento 2, en el que se redujo 0.1% de calcio y fósforo sin afectar la calidad del cascarón, lo que pudo

deberse a que la adición de la enzima fitasa incluida en dicho complejo liberó calcio y fósforo de los ingredientes de la dieta.

Este beneficio ha sido observado por varios investigadores donde la inclusión de la enzima fitasa en dietas reducidas en calcio y fósforo no afectan la productividad de las gallinas^{34,36,37,49,50}.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo y bajo las condiciones empleadas, se concluye que la inclusión de las enzimas xilanasas, β -glucanasas y fitasas en dietas maíz-pasta de soya para gallinas de postura:

1. Permite reducir en la dieta 70 kcal /kg de EM, 0.77% de PC y 0.1% de calcio y fósforo sin afectar las variables productivas.
2. Mejoró en dos unidades el amarillamiento (b) de la yema del huevo, en base a un colorímetro de reflectancia Minolta CR-400.

Lo antes descrito, representa un beneficio económico ya que el uso de este complejo enzimático, permite reducir en la dieta de gallinas la cantidad de pasta de soya, aceite vegetal y ortofosfato.

REFERENCIAS

1. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos, UNA México 2009.
2. Rosas VC. Efecto de la adición de minerales quelados (Zn y Mn), sobre la calidad del cascarón, en gallinas de segundo ciclo (tesis de licenciatura). Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México; 1997.
3. Romero VFJ. Utilización de enzima xilanasa y β -glucanasas en dietas (sorgo+soya+alfalfa) para gallinas en postura. (tesis de licenciatura) Distrito Federal, México. Universidad Nacional Autónoma de México; 2003.
4. Madiot E, Francesch M, Maisonnier GS, Geraert PA. Effect de la preparation multienzymatique sur les performances de ponte et la qualite des œufs. Sixièmes Journées de la Recherche Avicole; 2005 marzo 3.-31 ; St Malo, Francia. 2005: 217-220.
5. Perazzo CFG, Goulart CC, Figueiredo DF, Oliveira CFS, Silva JHV. Economic and environmental impact of using exogenous enzymes on poultry feeding. Int J Poult Sci 2008;7:311-314.
6. Ávila GE. Alimentación de las aves. México: Trillas, 1990.
7. Pan CF, Igbasan FA, Guenter W, Marquardt RR. The effects of enzyme and inorganic phosphorus supplements in wheat- and rye-based diets on laying hen performance, energy, and phosphorus availability. Poult Sci 1998;77:83-89.
8. García JM. Evaluación de complejos enzimáticos en la alimentación de pollos de engorde. (Tesis doctoral). Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid; 2000.
9. Miled OIB. Evaluación de complejos enzimáticos en la mejora del valor nutritivo de cereales y leguminosas en la alimentación de pollos en crecimiento.

(Tesis doctoral). Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona; 2001.

10. Rutherford SM, Chung TK, Moughan PJ. The effect of a commercial enzyme preparation on apparent metabolizable energy, the true ileal amino acid digestibility, and endogenous ileal lysine losses in broiler chickens. *Poult Sci* 2007; 86:665-672.

11. Méndez DAD, Cortes CA, Fuente MB, López CC, Ávila GE. Efecto de un complejo enzimático en dietas sorgo+pasta de soya sobre la digestibilidad ileal de aminoácidos, energía metabolizable y productividad en pollos. *Técnica Pecuaria México* 2009;47:15-25.

12. Meng X, Slominski BA. Nutritive values of corn, soybean meal, canola meal, and peas for broiler chickens as affected by a multicarbohydase preparation of cell wall degrading enzymes. *Poult Sci* 2005;84:1242-1251.

13. Malathi V, Davegowda G. In vitro evaluation of nonstarch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. *Poult Sci* 2001;80:302-305.

14. Yegane M, Korver DR. Factors affecting intestinal health in poultry. *Poult Sci* 2008;87:2052-2063.

15. Mathlouthi N, Mohamed MA, Larbier M. Effect of enzyme preparation containing xylanase and β -glucanase on performance of laying hens fed wheat/barley-or maize/soybean meal-based diets. *Br Poult Sci* 2003;44:60-66.

16. Annison G, Choct M. Antinutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World Poult Sci J* 1991;41:232-242.

17. Bedford MR, Classen HL. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration in effected through

change in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks.

J Nutr 1992;122:560-569.

18. Danicke S, Vahjen W, Simon O, Jeroch H. Effects of dietary fat type and xylanase supplementation to rye-based broiler diets on selected bacterial groups adhering to the intestinal epithelium, on transit time of feed, and on nutrient digestibility. Poult Sci 1999;78:1292-1299.

19. Bedford MR, Classen HL, Campbell GL. The effect of pelleting, salt, and pentosanase on the viscosity of intestinal contents and the performance of broilers fed rye. Poult Sci 1991;70:1571-1577.

20. Almirall M, Esteve-Garcia E. Rate of pasaje of barley diets with chromium oxide: influence of age and poultry strain and effect of β -glucanase supplementation. Poult Sci 1994;73:1433-1440

21. Silversides FG, Scott TA, Korver DR, Afsharmanesh M, Hruby M. A. Study on the interaction of xylanase and phytase enzymes in wheat-based diets fed to commercial white and brown egg laying hens. Poult Sci 2006;85:297-305.

22. Mourao JL, Ponte PIP, Prates JAM, Centeno MSJ, Ferreira LMA, Soares MAL, Fontes CMG. Use of β -glucanases and β -1,4-xilanas to supplement diets containing alfalfa and rye for Laing hens: effects on bird performance and egg quality. J Appl Poult Res 2006;15:256-265.

23. Novak CL, Yakout HM, Remus J. Response to varying dietary energy and protein with or without enzyme supplementation on leghorn performance and economics 2 laying period. J Appl Poult Res 2008;17:17-33.

24. Cortes CA, Águila SR, Ávila GE. La utilización de enzimas como aditivos en dietas para pollos de engorda. Vet Méx 2002;33(1):1-9.

25. Sieo CC, Abdullah N, Tan WS, Ho YW. Influence of β -glucanase producing *Lactobacillus* Straits on intestinal characteristics and feed passage rate of broilers chickens. *Poult Sci* 2005;84:734-741.
26. Perazzo CFG, Oliveira CFS, Goulart CC, Figueiredo DF, Neto RLC. Use of exogenous enzymes on laying hens feeding during the second production cycle. *Int J Poult Sci* 2008;7:311-314.
27. Piquer FJ. Bases de la utilización de complejos enzimáticos en nutrición animal: estudio comparativo entre especies. XII Curso de especialización FEDNA; 1996 noviembre 7-8; Madrid, España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 1996: 1-7.
28. Dale N. Enzimas para la avicultura: mitos y realidades. *Industria Avícola* 2009;56(2):22-24.
29. Chauynarong N, Iji PA, Isariyodom S, Mikkelsen L. The influence of an exogenous microbial enzyme supplement on feed consumption, body growth and follicular development of pre-lay pullets on maize-soy diets. *Int J Poult Sci* 2008;7:257-262.
30. Wyatt CL, Goodman T. Utilization of fed enzymes in Laing hen rations. *J. Appl Poult Res* 1993;2:68-74.
31. Roberts JR, Choct M. Effects of commercial enzyme preparation on egg and eggshell quality in laying hens. *Br Poult Sci* 2006;47:501-510.
32. Cortes CA, Fuente MB, Fernández TS, Mojica EMC, Ávila GE. Evaluación de la presencia de una fitasa microbiana (*Peniophora lycii*) en dietas sorgo-soya deficientes en fósforo para pollos de engorda, sobre la digestibilidad ileal de proteína, aminoácidos y energía metabolizable. *Vet Méx* 2007;38(1):21-29.

33. Leske KL, Coon NC. A bioassay to determine the effect of phytase on phytate phosphorus hydrolysis and total phosphorus retention of feed ingredients as determined with broilers and laying hens. *Poult Sci* 1999;7:1151-1557.
34. Lim HS, Namkung H, Paik KI. Effects of phytase supplementation on the performance egg quality, and Phosphorous excretion of laying hens fed different levels of dietary calcium and nonphytate phosphorous. *Poult Sci* 2003;82:92-99.
35. Ravindran V, Bryden NL, Kornegay ET. Phytates: occurrences, bioavailability and implications in poultry nutrition. *Poult Avian Biol Rev* 1995a;6:125-143.
36. Vallardi GM, Morales LR, Ávila GE. Efecto de la adición de fitasa como fuente de fósforo inorgánico en dietas para gallinas de postura. *Técnica Pecuaria México* 2002;40:181-186.
37. Nahm KH. Efficient phosphorus utilization in poultry feeding to lessen the environmental impact of excreta. *World Poult Sci J* 2007;63:625-654.
38. Buchanan NP, Kimbler LB, Parsons AS. The effects of nonstarch polysaccharide enzyme addition and dietary energy restriction on performance and carcass quality of organic broiler chickens. *J Appl Poult Res* 2007;16:1-12.
39. Hinton A, Brume ME, Deloach JR. Role of metabolic intermediates in the inhibition *Salmonella typhimurium* and *Salmonella enteritidis* by *Veillonella*. *J Food Protec* 1993;56:932-937.
40. Bedford MR. Interaction between ingested feed and the digestive system in poultry. *J Appl Poult Res* 1996;5:86-95.

41. Wyatt CL, Bedford MO. Uso de enzimas nutricionais para maximizar a utilizacao de nutrientes pelo frango de corte em dietas a base de milho: recentes processos no desenvolvimento e aplicacao pratica. Seminario tecnico finnfeeds, pp 30
42. Strada ESO, Abreu RD, Oliveira GJC. Uso de enzimas na alimentacao de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia 2005;6:2369-2375.
43. Yu BI, Chung TK. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soybean meal diets. J Appl Poult Res 2004;13:178-182.
44. Carrasco C, Campbell GL, McCartney E, García MI. Efecto de la suplementación enzimática en gallinas ponedoras sobre el tamaño del huevo y su clasificación comercial. Congreso anual internacional de la Poultry Science Association. San Louis MO EE. UU. 2004 1-3.
45. INEGI. Tláhuac: Cuaderno de información básica delegacional. INEGI, México 1992.
46. Douglas M. Diseño y análisis de experimentos. México: Grupo editorial iberoamericano, 1991.
47. Sohail SS, Bryant MM, Roland DA, Apajalahti JHA, Pierson EEM. Influence of avizyme 1500 on performance of commercial leghorns. J Appl Poult Res 2003; 12:284-290.
48. Yaghobfar A, Boldaji F, Shrfi SD. Effects of enzyme supplement on nutrient digestibility, metabolizable energy, egg production, egg quality, and intestinal morphology of the broilers chicks and layer hens fed hull-less barley based diets. Pak J Biol Sci 2007;10:2257-2266.

49. Hughes AL, Dahiga JP, Wyatt CL, Classen HL. The efficacy of quantum phytase in a forty-week production trial using white leghorn laying hens fed corn-soybean meal-based diets. *Poult Sci* 2008;87:1156-1161.

50. Liu N, Liu GH, Li FD, Sands JS, Zang S, Zheng AJ, Ru J. Efficacy of phytases on egg production and nutrient digestibility in layers fed reduced phosphorus diets. *Poult Sci* 2007;86:2337-2342.

Cuadro 1. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES EMPLEADAS EN GALLINAS DE POSTURA DURANTE 70 DÍAS.

Ingrediente	Normal T1	Baja T2
Maíz amarillo	570.051	617.173
Pasta de soya 48%	265.666	242.184
Carbonato de calcio	103.691	103.548
Fosfato de calcio 18:21	14.821	9.977
Aceite vegetal	36.402	16.912
Sal	4.092	4.068
Premezcla vitaminas y minerales	1.200	1.200
DL-metionina	1.076	1.149
L-Lisina HCl	-----	0.584
L-Treonina	-----	0.205
Otros*	3.000	3.000

*Secuestrante de micotoxinas, pigmento amarillo vegetal, pigmento rojo, cloruro de colina 60%, antioxidante y promotor de crecimiento.

Cuadro 2. ANÁLISIS CALCULADO DE LAS DIETAS UTILIZADAS.

Nutriente	T1	T2
Energía metabolizable kcal/kg	2893	2823
Proteína Cruda %	17.497	16.780
Metionina %	0.390	0.390
Met + Cist %	0.685	0.678
Lisina %	0.934	0.922
Treonina %	0.682	0.672
Triptófano %	0.210	0.198
Calcio %	4.100	4.000
Fósforo disp.%	0.400	0.300

Cuadro 3. APORTE EN 1000 gr DE LA MATRIX NUTRICIONAL DE
ROVABIO MAX™

Nutriente	Cantidad
EMA (kcal/kg)	700,000
Proteína cruda %	7,200
Lisina %	120
Lisina digestible %	112.5
Metionina %	60
Metionina digestible %	52.5
Metionina+cistina%	112.5
Calcio %	1000
Fósforo %	1000

Cuadro 4. DATOS DE PESO CORPORAL INICIAL, FINAL Y GANANCIA DE PESO EN LAS GALLINAS

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganancia de peso (g)	Ganancia diaria de peso (g)
1	1698	1774	76	1.08
2	1671	1789	118	1.68

No se encontró diferencia significativa entre tratamientos $P>0.05$

Cuadro 5. RESULTADOS PROMEDIO DE VARIABLES PRODUCTIVAS EN GALLINAS DE POSTURA DURANTE 70 DÍAS DE EXPERIMENTACIÓN.

Tratamiento	Postura (%)	Peso del huevo (g)	Masa de huevo (g)	Consumo de alimento (g)	Conversión alimenticia
1	90.8	63.9	58.1	111.3	1.920
2	90.7	63.8	57.9	111.1	1.910

No se encontró diferencia significativa entre tratamientos $P>0.05$

Cuadro 6. RESULTADOS PROMEDIO DE PIGMENTACIÓN AMARILLA EN EL HUEVO, GROSOR DE CASCARÓN Y PORCENTAJE DE HUEVO ROTO Y EN FÁRFARA

Tratamiento	Amarillamiento (b)	Grosor de cascarón (mm)	Huevo roto y en fáfara (%)
1	50.8a	0.364	1.21
2	52.6b	0.369	1.67

a,b valores con distinta literal son diferentes ($P<0.05$)