

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
**Efecto dietético de un complejo multi-enzimático en la productividad,
calidad del huevo e impacto ambiental en gallinas ponedoras**

Estudiantes

Luis Etienne Arata Arroyo
Andres Sebastian Santillan Robles

Asesores

Yordan Martínez, D.Sc.
Patricio E. Paz, Ph.D.

Honduras, junio 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Contenido.....	3
Índice de Cuadros.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y métodos	9
Variables medidas.....	10
Comportamiento productivo	10
Calidad externa e interna del huevo.....	11
Humedad, N y P en las heces fecales.....	12
Costo de alimentación y costo por huevo producido.....	12
Diseño experimental y análisis estadísticos.....	13
Resultados y Discusión.....	14
Conclusiones	23
Recomendaciones.....	24
Referencias.....	25

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ingredientes y aportes nutricionales de las gallinas ponedoras.	10
Cuadro 2 Efecto dietético de un complejo multi-enzimático en el desempeño productivo de gallinas ponedoras.	14
Cuadro 3 Efecto dietético de un complejo multi-enzimático en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras.	16
Cuadro 4 Efecto dietético de un complejo multi-enzimático en la humedad, N y P de las heces fecales de gallinas ponedoras.	19
Cuadro 5 Efecto de un complejo multi-enzimático en dietas con bajos y altos contenidos de macronutrientes en costos de alimentación de gallinas ponedoras.	21

Resumen

Para evaluar el efecto dietético del complejo multi-enzimático Lumis Lbzyme x50 en la productividad, calidad externa e interna del huevo e impacto ambiental de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown, un total de 150 gallinas ponedoras de 35 semanas de vida se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos, 10 repeticiones por tratamientos y cinco aves por cada repetición. Los tratamientos consistieron en una dieta formulada con altos contenidos de nutrientes (CP), una dieta formulada con bajos contenidos de macronutrientes (CN) y CN+complejo multienzimático. El CP mostró la mayor intensidad de puesta ($P \leq 0.05$) comparado con el CN, aunque sin diferencias notables con el CN+enzimas, también el CP promovió el consumo de alimento con relación a los otros tratamientos ($P \leq 0.05$), aunque sin diferencias para el peso del huevo y conversión masal. El CP y CN+enzimas incrementó ($P \leq 0.05$) el grosor de la cáscara del huevo en la semana 35 y 40, los otros indicadores de calidad del huevo no cambiaron debido a las dietas experimentales ($P > 0.05$). El CN+enzimas redujo la humedad de las heces ($P \leq 0.05$), sin embargo, este producto incrementó la excreción de P ($P \leq 0.05$) y sin cambios en la concentración de N en las heces fecales ($P > 0.05$). El CN y CN+enzimas redujo el costo del alimento consumido y costo para la producción de huevo comparado a la dieta control.

Palabras clave: Enzimas, Gallina Ponedora, Nutrientes, Huevo.

Abstract

To evaluate the dietary effect of the multi-enzyme complex Lumis Lbzyme x50 on productivity, external and internal egg quality, economic feasibility and environmental impact of Hy-Line® Brown laying hens, a total of 150 laying hens of 35 weeks of age were randomly distributed in three treatments, 10 replicates per treatment and five birds per replicate. The treatments consisted of a diet formulated with high content of high nutrients (CP), a diet formulated with low content of macronutrients (CN) and CN+multi-enzyme complex. The CP showed the highest laying intensity ($P \leq 0.05$) compared to the CN, although without notable differences with the CN+enzymes, also the CP promoted feed intake relative to the other treatments ($P \leq 0.05$), although without differences for egg weight and mass conversion. CP and CN+enzymes increased ($P \leq 0.05$) egg shell thickness at 35 and 40 weeks, the other egg quality indicators did not change due to the experimental diets ($P > 0.05$). CN+enzymes reduced fecal moisture ($P \leq 0.05$), however, this product increased P excretion ($P \leq 0.05$) and no change in fecal N concentration ($P > 0.05$). The CN and CN+enzymes reduced the cost of feed consumed and cost for egg production compared to the control diet.

Keywords: Enzyme, laying hen, nutrients, egg.

Introducción

La demanda de productos avícolas ha aumentado considerablemente a lo largo de los años. La carne y los huevos de aves de corral se encuentran entre los alimentos de origen animal más consumidos en el mundo, en culturas, tradiciones y religiones muy diversas (FAO 2021). La industria avícola tiene un gran reto, el cual es crecer al mismo ritmo de la demanda de productos de origen avícola ya sea huevo o carne, todo esto debido al rápido crecimiento demográfico que se vive actualmente. Para un rendimiento máximo y una buena salud, las aves de corral necesitan un suministro constante de energía, proteínas, aminoácidos esenciales, minerales, vitaminas y, agua (FAO 2021).

En un entorno con un maíz de alto costo, muchos productores de concentrados están optando por sustituir el maíz por otros cultivos que tienen menor valor nutritivo, como el trigo, el triticale, el sorgo (variedades con bajo contenido de taninos) o la cebada. Sin embargo, estos cereales son ricos en polisacáridos sin almidón y existe una correlación negativa entre el contenido de la dieta en polisacáridos sin almidón y su valor nutritivo (Ribeiro 2012).

Actualmente hay una mayor exigencia por el cuidado del ambiente y la industria avícola al ser una de las más grandes emisoras de residuos que conspiran contra este, resalta la importancia de incorporar medidas que ayuden a mitigar estos efectos (Molfese 2015). La integración de las enzimas en la alimentación de aves puede ofrecer una solución a estos problemas. Al ser compuestos proteicos, aumentan la velocidad de las reacciones químicas lo cual se transforma en una mejor absorción de los nutrientes. Enzimas exógenas se están utilizando en la producción animal para reducir el costo de los alimentos, mejorar el aprovechamiento de los nutrientes, además de reducir algunas propiedades antinutricionales de algunos elementos presentes en las dietas actuales (Fontinelli 2018).

El mayor reto de los nutricionistas es preparar dietas de alto valor nutritivo, capaces de cubrir las necesidades nutricionales para la correcta fisiología, crecimiento, mantenimiento y reproducción

de las aves, lo que facilita la digestibilidad de nutrientes y el crecimiento animal (Martínez y Sanz 2012). Actualmente existen enzimas y cocteles enzimáticos comerciales que son utilizados para incrementar la disponibilidad del almidón, proteína, aminoácidos y minerales como el fósforo y calcio de los insumos (Bedford 2013).

La suplementación de enzimas comerciales permite una mayor flexibilidad en la formulación de la dieta, también tiene un efecto potencial en la mitigación de la contaminación ambiental al reducir la excreción de algunos elementos como el nitrógeno y el fósforo en el estiércol de aves de corral (Alagawany et al. 2018). En la alimentación de las aves en los últimos años se han utilizado enzimas como las proteasas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas (DSM 2013), la fitasa que permite la degradación del fitato y posteriormente reducir la excreción de fósforo orgánico al medio ambiente (Humer et al. 2015). Los polisacáridos no almidonados (non starch polysaccharides, NSPs) son anti-nutrientes, que generan efectos negativos en la digestibilidad del alimento, la xilanasas mejora la digestibilidad de nutrientes de los NSP provocando que se elimine o reduzca el efecto anti-nutriente. (Hashemi et al. 2017). El presente estudio tuvo como objetivos:

Evaluar el efecto dietético del complejo multi-enzimático Lumis Lbzyme X50® en el desempeño productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras de la línea genética Hy-Line Brown®. Determinar si el compuesto multi-enzimático reduce el costo de producción asociado al alimento. Evaluar el efecto dietético del complejo multi-enzimático Lumis Lbzyme X50® en la humedad, N y P de heces fecales de gallinas ponedoras.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle de Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, a 32 km al sureste de Tegucigalpa, Honduras. La unidad experimental se encuentra a una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 26 °C, con una precipitación promedio anual de 1,100 mm.

Se utilizó un sistema de producción intensivo dentro de un galpón comercial de 400 m² con jaulas de 1 m². El galpón contó con ventiladores de techo y un sistema de iluminación artificial. El agua se ofreció *ad-libitum* en dos bebederos de niple por jaula y el consumo de alimento se restringió a 115 g/ave. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se empleó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental. Se utilizaron 15 días de adaptación a las nuevas dietas.

Los tratamientos dietéticos consistieron: un control negativo (CN), un control negativo + enzimas (CN+enzimas) y un control positivo (CP)(Cuadro 1).

Cuadro 1*Ingredientes y aportes nutricionales de las gallinas ponedoras.*

Ingredientes	Tratamientos		
	Control negativo	Control negativo+enzimas	Control positivo
Harina de maíz	64.18	64.06	59.71
Harina de soya	23.75	23.77	25.09
Cloruro de colina	0.05	0.05	0.05
Aceite de palma	0.43	0.48	2.80
Premezcla Vit+Min ¹	0.20	0.20	0.20
Sal común	0.35	0.35	0.35
Biofos [®]	0.89	0.89	1.69
Carbonato de calcio fino	4.35	4.35	4.30
Carbonato de calcio grueso	5.32	5.32	5.25
Mycofix plus 5.0 [®]	0.12	0.12	0.12
Lumis Lbzyme X50 [®]	0.00	0.05	0.00
DL-metionina	0.22	0.22	0.26
L-lisina	0.09	0.09	0.10
L-treonina	0.05	0.05	0.08
Total	100	100	100
Costo (USD/t)	338.95	340.48	361.34
<i>Aportes nutricionales</i>			
EM, kcal/kg	2720	2720	2800
PC, %	16.65	16.65	17.00
P disponible, %	0.33	0.33	0.49
Ca, %	4.04	4.04	4.20
Lisina, %	0.79	0.79	0.82
Met+Cyst, %	0.72	0.72	0.75
Treonina, %	0.52	0.52	0.60
Triptófano, %	0.17	0.17	0.17

Nota. CN: control negativo; CP: control positivo

Variables medidas***Comportamiento productivo***

Para determinar el peso del huevo, se recolectaron semanalmente 30 huevos por cada tratamiento, entre las 8:30 am y 9:30 am. Los huevos se pesaron en una balanza técnica digital balanza digital OHAUS[®] (Nueva Jersey, EE. UU.), con una precisión de ± 0.1 g. La mortalidad se determinó teniendo en cuenta las aves muertas entre los animales que iniciaron el experimento. El consumo de alimentos, nutrientes y energía metabolizable se determinó tres veces por semana según el método de oferta y rechazo. Para la intensidad de puesta se consideró la producción total de

huevos/semana/tratamiento; se asumió un huevo/día/ave alojada como 100%. La conversión masal y los huevos no aptos se calcularon a partir de las fórmulas:

$$CM = \frac{CA}{NH \times PH} \quad (1)$$

Donde:

CM= Conversión masal

CA= Consumo de alimento

NH= Numero de huevos

PH= Peso del huevo

$$HNA = \frac{HNA \times 100}{HA} \quad (2)$$

Donde:

HNA= Huevos no aptos

HA= Huevos aptos

Calidad externa e interna del huevo

En las semanas 35 y 40, se recolectaron 30 huevos por cada tratamiento experimental. Todos los huevos se recolectaron al mismo tiempo y se trasladaron al laboratorio de calidad de huevo del Centro de Investigación y Enseñanza de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. La calidad del huevo se analizó el mismo día de la recolección mediante un analizador automático TSS EggQuality (York, Inglaterra) y el software Eggware v4x.

La resistencia a la ruptura de la cáscara del huevo (polo medio) se midió con un analizador de resistencia QC-SPA® (York, Inglaterra). Para el grosor de la cáscara del huevo (polo medio) se utilizó un tornillo micrómetro QC-SPA® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.001 mm. Para la calidad

interna del huevo, la altura del albumen se determinó mediante un analizador de altura QHC® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.01 mm. Las unidades Haugh se calcularon con la ecuación 3:

$$HU = 100 * \log (H + 1.7W^{0.37} + 7.6); \quad (3)$$

Donde:

HU = Unidad Haugh.

H = Altura de la Albúmina.

W = Peso del huevo.

El color de la yema se evaluó mediante un colorímetro electrónico CCC® (York, Inglaterra), que tiene en cuenta la escala de Roche de 15 colores.

Humedad, N y P en las heces fecales

Se determinó la humedad, N y P mediante AOAC 2001.11 y P según la colorimetría de azul de molibdeno.

Costo de alimentación y costo por huevo producido

Para determinar el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo, se utilizó el método económico-matemático con técnicas de agrupación y comparación. Para la aplicación de este método y de sus técnicas se utilizaron fichas de costos de los ingredientes, facturas, informes de recepción y análisis económicos de la planta de concentrados y de la unidad de aves de la Escuela Agrícola Panamericana.

Diseño experimental y análisis estadísticos

Se utilizó total de 150 gallinas ponedoras de la línea genética Hy-Line Brown® de 35 semanas de edad, se distribuyeron según diseño completamente aleatorizado en tres tratamientos, 10 repeticiones por tratamiento y cinco aves por repetición. Los tratamientos dietéticos consistieron en un control negativo (CN), formulado con bajas concentraciones de macronutrientes, un control positivo (CP) formulado según los requerimientos de la línea genética y CN+complejo multi-enzimático. El complejo multienzimático Lumis Lbzyme X50® está compuesto por xilanasas (25000 UI/g), mananasa (250 UI/g), beta-glucanasa (2500 UI/g), celulasa (400000 UI/g), pectinasa (80 UI/g), galactosidasa (100 UI/g), proteasa, (2500 Hut/g), amilasa (60000 UI/g) y fitasas (15000 FTU/g). Para la formulación de las dietas se consideró lo indicado por el fabricante que estas enzimas aportan 85 kcal/kg de energía metabolizable, 0.35% de proteína cruda, 0.029% de lisina digestible, 0.027% de metionina digestible + cistina, 0.018% de treonina digestible, 0.158% de calcio y 0.158% de P disponible. Este producto fue amablemente provisto por el distribuidor centroamericano REALVA, Tegucigalpa, Honduras.

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ANDEVA) de clasificación simple según un diseño totalmente al azar en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios se empleó la décima de rangos múltiples de medias de Duncan.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se observa el efecto de la inclusión de un complejo multi-enzimático en el desempeño productivo de gallinas ponedoras de 35 semanas de edad. El peso vivo y la conversión masal no mostraron diferencias notables ($P > 0.05$) entre tratamientos. Sin embargo, el CP mostró la mayor intensidad de puesta comparado con el CN y consumo de alimento con relación a los otros tratamientos ($P \leq 0.05$).

Cuadro 2

Efecto dietético de un complejo multi-enzimático en el desempeño productivo de gallinas ponedoras.

Tratamiento	Indicadores de desempeño de producción			
	IP(%)	CA(g)	PH(g)	CM(kg/kg)
CN	90.07 ^b	108.00 ^b	60.95	1.97
CN+ENZIMA	90.72 ^{ab}	108.00 ^b	60.63	1.96
CP	91.93 ^a	113.8 ^a	61.34	2.01
EE±	0.547	1.458	0.371	0.026
Valor de P	0.050	0.049	0.403	0.079

Nota. CN: control negativo; CP: control positivo; IP: intensidad de puesta; CA: consumo de alimento; PH: peso del huevo; CM: conversión masal

La línea genética Hy-Line® Brown es considerada una de las mejores productoras de huevo. La intensidad de puesta es uno de los parámetros más importantes del desempeño productivo. Al parecer el uso de las enzimas favoreció la disponibilidad del fósforo disponible. El fósforo es la principal fuente de energía para las reacciones metabólicas en las células por lo que una deficiencia de este elemento trae consigo alteraciones en el metabolismo energético y afecta la intensidad de puesta de las gallinas, esto provocó que el CN+enzimas no fue diferente para intensidad de puesta en comparación CP, debido a la presencia de las enzimas fitasas. En este sentido, Acosta y Cardenas (2006) mostraron variaciones en la intensidad de puesta al usar distintos niveles de enzimas fitasas, lo que resultó que una mayor disponibilidad de P y respuesta productiva. Según Lee KW. et al. (2014) la adición de múltiples enzimas en la puesta las dietas de las gallinas mejoran el rendimiento de la puesta y los parámetros fisiológicos como la concentración de amoníaco y viscosidad del quimo.

Según el manual de manejo de Hy-line (2018), el consumo de alimento regula el peso del huevo mediante un balance correcto de la cantidad de energía y aminoácidos. En el consumo de alimento se redujo con el CN y CN+enzimas, según Francesch et al. (1995), concuerda que el consumo de alimento no fue afectado por la suplementación de enzimas, dichos resultados concuerdan con los obtenidos por Vieira Filho et al. 2015) quienes no presentaron diferencias significativas en el consumo de alimento entre los tratamientos evaluados. El mismo resultado fue reportado por Wen C et al. (2012) donde la adición de un complejo multi-enzimático en dietas de gallinas ponedoras no afectó el consumo de alimento.

El peso del huevo según la guía de manejo de Hy-line (2018), depende de la estimulación realizada para el consumo del alimento. Los resultados obtenidos por Resende et al. (2017) concuerdan que el peso del huevo no varió en las gallinas sometidas a los diferentes tratamientos. La reducción de los niveles de nutrientes y la inclusión de enzimas exógenas no influyeron en el peso del huevo. El estudio realizado por Vargas et al. (2017), demuestran que las dietas experimentales suplieron los requerimientos para el peso del huevo, sin influencia de la suplementación enzimática sobre esta variable. La conversión masal no mostró diferencias notables, estos datos concuerdan con la investigación realizada por Hahn-Didde y Purdum (2014), quienes no observaron diferencias significativas entre el nivel de EM y la combinación de enzimas.

En el Cuadro 3 se observa el efecto del complejo multi-enzimático en dietas con bajos y altos contenidos de macronutrientes en la calidad externa e interna del huevo en gallinas ponedoras. En ambas semanas (35 y 40) las variables peso del huevo (PH), altura del albumen (AA), unidad Haugh (UH), resistencia a la ruptura (RR) y color de yema (CY) no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre tratamientos. Con respecto al grosor de la cáscara (GC) los tratamientos control negativo más enzimas (CN+ENZIMA) y control positivo (CP) indicaron resultados similares, sin embargo, el control negativo (CN) redujo significativamente este indicador ($P \leq 0.05$).

Cuadro 3

Efecto dietético de un complejo multi-enzimático en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras.

	Tratamiento			EE±	Valor de P
	CN	CN+Enzimas	CP		
<i>Semana 35</i>					
PH (g)	62.75	61.10	61.18	1.269	0.590
AA (mm)	12.26	12.07	12.17	0.251	0.867
UH	107.71	107.25	107.66	0.954	0.933
RR	4773.10	5200.20	4972.90	178.049	0.254
CY	5.00	5.00	5.00	0.150	0.647
GC (cm)	0.34 ^b	0.37 ^a	0.37 ^a	0.07	0.031
<i>Semana 40</i>					
PH (g)	60.72	61.07	60.57	0.963	0.932
AA (mm)	9.54	9.11	9.11	0.262	0.408
UH	96.12	95.45	94.52	1.129	0.423
RR	4842.73	5162.57	5174.93	132.29	0.161
CY	5.00	5.00	4.00	0.133	0.067
GC (cm)	0.35 ^b	0.37 ^a	0.38 ^a	0.040	<0.001

Nota. CN: control negativo; CP: control positivo; PH: peso del huevo; AA: altura del albumen; UH: unidad de Haugh; RR: resistencia a la ruptura; CY: color de yema; GC: grosor de cáscara

Los huevos de gallina son una de las mejores fuentes de proteínas de alta calidad junto con importantes vitaminas y minerales. Los huevos también son una fuente económica de nutrientes para una dieta y una vida saludables, y juegan un papel vital en nutrición humana (Lei 2021). El peso del huevo en la semana 40 de edad se corresponde a lo indicado en la guía de manejo Hy-Line® Brown (2018), y está dentro del rango propuesto por la línea genética de 60.6 y 63.0 g.

La altura del albumen se encuentra determinada por la edad de la gallina, el peso del huevo y los niveles de proteína en la dieta, esto refleja que una mayor edad de la gallina reduce la altura del albumen, de la misma manera los resultados obtenidos presentan valores altos debido a que éstas, de acuerdo con su edad, se encuentran en el pico de producción, también depende a que la dieta de gallinas ponedoras aportó apropiadamente los aminoácidos esenciales. Los resultados obtenidos no difieren entre sí, por lo que la inclusión del compuesto multi-enzimático en la dieta no afectó esta variable. Los resultados obtenidos por Perazzo Costa et al. (2015), concuerdan que no observaron diferencias en este parámetro con el uso de enzimas exógenas.

En la unidad Haugh no cambió, esta medida indica que el peso del huevo y la altura del albumen no se vieron afectados por la inclusión del complejo multi-enzimático, con este indicador se determina la calidad proteica y frescura de los huevos. Resultados similares fueron evidenciados por Geraldo et al. (2014), quienes notaron que con la adición de un complejo multi-enzimático en sus dietas, no se vieron afectadas las variables internas de calidad del huevo. Estos datos concuerdan con el experimento realizado por (Baghban-Kanani et al. 2018)

La resistencia de ruptura es un método que se realiza para medir la dureza de la cáscara del huevo, los datos obtenidos en este experimento no muestran diferencias estadísticas. Según la guía de manejo de Hy-Line® (2018), la resistencia de la cáscara para la semana 40 de edad es de 4405 Kg F/cm² aproximadamente. Con los datos obtenidos se pudo identificar que la resistencia a la ruptura es mayor a la del estándar.

El color de la yema es uno de los factores más importantes que afectan a la elección del consumidor, la yema se compone de grasas, proteínas, vitaminas, minerales y carotenoides. Los carotenoides son responsables del color de la yema según (DSM 2018). El color de la yema no se vio influenciado significativamente debido a que el porcentaje de harina de maíz agregado a las dietas en los tratamientos fueron similares, siendo este el aporte adecuado de carotenoides amarillos para la pigmentación del huevo (luteína, zeaxantina). El color de la yema está basado en la escala de color de DSM que va de coloración 1 a 15, siendo 1 el color más pálido y 15 el color más intenso. Según DSM (2016), el color de la yema más apreciado por el mercado es de un valor de 7 en el abanico de Roche. Se puede observar en los resultados que se obtuvieron valores de 4 y 5 para los diferentes tratamientos.

La calidad de la cáscara depende de genética y edad de los animales, la nutrición, los factores de estrés y el sistema de producción (Ortiz y Mallo 2013). Según Kim C-H et al. (2014) el grosor de la cáscara no muestra ninguna tendencia relacionada con la edad durante el período de puesta. El compuesto multi-enzimático tiene en su fórmula enzimas xilanasas, tanto fúngicas como bacterianas,

que provocaron una mayor disponibilidad de minerales en el alimento. Es presumible que la producción de arabinosilano-oligosacáridos, a partir de un proceso de hidrolisis del arabinosilano, produzca cambios en el pH intestinal y, por lo tanto, mejore la absorción del calcio (Mirzaie et al. 2011). Los autores reportaron que al implementar xilanasas en la alimentación de gallinas ponedoras a base de maíz incrementó el grosor de la cáscara del huevo, de la misma manera Lei et al. (2018), demostraron que con la inclusión de la enzima xilanasas en dietas a base de maíz en gallinas ponedoras el grosor de la cáscara del huevo tuvo un aumento lineal a medida a los niveles de xilanasas en los tratamientos.

En el Cuadro 4 se observa el efecto de un complejo multi-enzimático en la humedad, N y P de las heces fecales de gallinas ponedoras. El complejo multi-enzimático redujo la humedad e incrementó la excreción de P en comparación con los otros tratamientos. La concentración de N no cambió por efecto de las dietas experimentales.

Cuadro 4

Efecto dietético de un complejo multi-enzimático en la humedad, N y P de las heces fecales de gallinas ponedoras.

Tratamiento	Indicadores de heces fecales		
	Humedad	N	P
CN	52.53 ^a	5.58	1.54 ^b
CN+ENZIMA	46.70 ^c	6.51	1.68 ^a
CP	48.70 ^b	5.85	1.44 ^c
EE±	0.360	0.152	0.018
Valor de P	0.001	0.442	0.001

Nota. CN: control negativo; CP: control positivo; N: nitrógeno; P: fosforo

En este sentido, Fontinelli (2018) expresó que la enzima xilanasas tiene como sustrato arabinoxilanasas, las pectinasas la pectina, las glucanasas actúan sobre los β - glucanos y las proteasas las proteínas, siendo capaces de inhibir factores antinutricionales, mejorando la digestión de los alimentos, reduciendo la viscosidad de la excreción y disminuir la humedad de la cama. Diaz et al. (2010), aseguraron que, a mayores niveles de inclusión de proteína cruda en el alimento influye directamente en una reducción de la humedad en las heces de las gallinas.

Los datos obtenidos afirman lo anterior expresado, ya que, el tratamiento con el complejo multi-enzimático presentó una reducción considerable del nivel de humedad en las heces. Lo que confirma lo expresado por Vandeplass y Bodin (2012), quienes afirman que las xilanasas, mediante la hidrolización de los arabino-xilanos, permiten reducir sus efectos anti nutricionales y aumentar así la valorización alimentaria, liberando los nutrientes contenidos y reduciendo la viscosidad intestinal. Por su parte Oba et al. (2013), observaron que altos niveles de inclusión de un complejo multi-enzimático tuvo respuesta lineal significativa con la reducción de la viscosidad en el intestino delgado. De igual forma Mirzaie et al. (2012), expresaron que, al implementar la enzima xilanasas se logró reducir los niveles de viscosidad del intestino delgado.

Casartelli et al. (2005), expresaron también que, debido al bajo contenido de fósforo disponible en las plantas y la baja actividad de fitasa en las aves, las dietas deben de complementarse con una

fuentes de fósforo inorgánica. De la misma manera Caballero (2018), recalcó que con el uso de fitasas es posible reducir la cantidad de fósforo inorgánico de la dieta, y por la misma razón, reducir la excreción de fósforo a través de las heces. Esto concuerda con Habibollahi et al. (2019), quienes lograron reducir la excreción de fósforo en las heces de las gallinas mediante la utilización de enzimas fitasas, en dietas con un nivel máximo de 0.25% de fósforo disponible y por Acosta y Cardenas (2006), quienes pudieron reducir en casi 60% la excreción de fósforo al ambiente, al disminuir sustancialmente la suplementación de fósforo al utilizar 450 UI/kg de fitasa (Natuphos®), sin alteraciones en los indicadores productivos, ni el metabolismo mineral.

Sin embargo, los resultados obtenidos con respecto a los niveles de fósforo presente en las heces mostraron un aumento significativo entre los tratamientos evaluados. Lo que difiere con lo estipulado por Yi et al. 1996), quienes afirman que la fitasa, al hidrolizar el fitato a inositol y fosfato inorgánico, mejora la utilidad de la proteína, aminoácidos y nitrógeno en cerdos y aves. Probablemente se debe a que el complejo multi-enzimático Lumis Lbzyme X50® utiliza una fitasa en su compuesto de origen bacteriano *Escherichia coli*. Según Acosta y Cardenas (2006), quienes plantean que las fitasas bacterianas (a excepción de *Bacillus subtilis*) son de naturaleza intracelular y, en general, no tienen un buen comportamiento en cuanto a productividad, en condiciones de laboratorio.

Según Leinonen y Williams (2015), cuando se utiliza la suplementación con proteasas los nutricionistas pueden formular dietas con niveles bajos de proteína cruda sin afectar los parámetros productivos. Esto concuerda con lo estipulado por Cardinal et al. (2019), quienes aseguran que las enzimas proteasas pueden mejorar la utilización de proteínas en la dieta. Por lo tanto, es posible disminuir el nivel de proteína en la dieta para ahorrar en el costo de la alimentación, mejorar el rendimiento y reducir la excreción de nitrógeno en el ambiente.

Sin embargo, el presente proyecto no concuerda con lo anterior estipulado, ya que, los datos obtenidos no presentaron variaciones significativas. Yan L et al. (2010), sugieren que la emisión de

nitrógeno se encuentra relacionada con la digestibilidad de los nutrientes. Estudios realizados como el de Li H et al. (2012), sugieren que el aumento de la digestibilidad puede resultar en menos sustrato para la fermentación microbiana, lo que en consecuencia disminuye la emisión de gases nocivos. Además, el NH₃ se produce como un subproducto de la deposición microbiana. Composición de compuestos orgánicos nitrogenados en las heces y la orina. De la misma manera Lei et al. (2018), observaron que la suplementación con enzimas en gallinas de 44 a 56 semanas de edad no fue eficaz para el mejoramiento de la digestibilidad de la materia seca, nitrógeno y la energía metabolizable.

El Cuadro 5 muestra el costo del alimento y costo por huevo producido con la inclusión del compuesto multi-enzimático en la dieta de gallinas ponedoras de 35 semanas de edad, con énfasis en el costo (USD) del alimento consumido y el costo (USD) para producir un huevo. Las dietas formulas con bajo contenido de macronutrientes redujeron el costo del alimento consumido en 10.34% (CN) y 9.94% (CN+enzimas), respectivamente, comparado con el control positivo. Asimismo, estos tratamientos (CN y CN+enzimas) redujeron el costo para producir un huevo con relación al CP.

Cuadro 5

Efecto de un complejo multi-enzimático en dietas con bajos y altos contenidos de macronutrientes en costos de alimentación de gallinas ponedoras.

Tratamiento	Indicadores de costos	
	Costo de alimentación (USD)	Costo por huevo (USD)
CN	128.12	0.04
CN+ENZIMA	128.70	0.04
CP	142.90	0.05

Nota. CN: control negativo; CP: control positivo; USD: United States Dollars

Según la revista Avinews (2019), independientemente de cómo fluctúa el precio de los huevos, el gasto con alimentos balanceados para la alimentación de las gallinas ponedoras representa más del 60% de los costos totales de producción. Mediante la utilización de complejos multi-enzimáticos en dietas de gallinas ponedoras logró reducir el costo del alimento consumido. Esto concuerda con Salah

2020), quien asegura que la suplementación con enzimas normalmente cuesta alrededor de USD 2.0 por tonelada de alimento. Sin embargo, la suplementación con enzimas puede reducir los costos de alimentación de los pollos de engorde en hasta USD 4.0 -11.0 por tonelada, para ponedoras hasta USD 9.8 por tonelada, y el costo de alimento por tonelada de huevos producidos puede reducirse en USD 21.2 por tonelada.

La utilización de nuevos productos, como el complejo multi-enzimático tuvo efecto mínimo en la variación entre los costos de control negativo en relación control negativo + enzimas. El cual según REALVA que es el distribuidor autorizado, tiene una presentación de 25 kg con un valor de USD 62. Es importante notar que la dieta control positivo es la más costosa, debido a la mayor proporción de los ingredientes utilizados en la dieta (Cuadro 1).

De acuerdo con los datos obtenidos, la implementación del compuesto multi-enzimático en la dieta de gallinas ponedoras redujo el costo por concepto de alimentación, lo que se tradujo en un menor costo por huevo. Sin embargo, a pesar de que el CN no tenía el compuesto multi-enzimático entre los ingredientes, este presentó un costo para producir un huevo similar al CN + enzimas. Aunque, el CP mostró la mayor producción de huevo, este fue el tratamiento más ineficiente desde el punto de vista económico, con un incremento en el costo del alimento consumido y para producir un huevo.

Conclusiones

La inclusión de compuesto multi-enzimático Lbzyme X50® en la dieta de gallinas ponedoras de la línea genética Hy-Line Brown® no deprimió la intensidad de puesta, peso del huevo y conversión masal con relación al tratamiento control.

La calidad del huevo no cambió según las dietas experimentales, excepto el grosor de la cáscara que incrementó en el CP y CN+enzimas en las semanas 35 y 40.

La inclusión dietética de Lumis Lbzyme X50® redujo la humedad de las heces fecales, sin embargo, incrementó la excreción de P, sin cambios para la excreción de N.

El empleo en las dietas del compuesto multi-enzimático redujo el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo comparado al CP, aunque similar al CN.

Recomendaciones

Evaluar el compuesto multi-enzimático Lumis Lbzyme X50[®] en toda la etapa productiva de las gallinas ponedoras.

Evaluar el compuesto multi-enzimático Lumis Lbzyme X50[®] en dietas con diferentes niveles de proteína cruda y en otras aves de ponedoras de importancia económicas.

Referencias

- Acosta A, Cardenas M. 2006. Enzimas en la alimentación de las aves. *Fitasas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola*; [consultado el 26 de jul. de 2021]. 40(4):377–387. <https://bit.ly/3f0C6C3>.
- Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR. 2018. The role of exogenous enzymes in promoting growth and improving nutrient digestibility in poultry. *Iran J Vet Res.* 19(3):157–164. eng.
- Avinews. 2019. ¿Cuánto se podría ahorrar en el costo de la alimentación para gallinas ponedoras? [Lugar desconocido]: Avinews; [actualizado el 28 de oct. de 2019; consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3wTZEOT>.
- Baghban-Kanani P, Hosseintabar-Ghasemabad B, Azimi-Youvalari S, Seidavi A, Ayaşan T, Laudadio V, Tufarelli V. 2018. Effect of different levels of sunflower meal and multi-enzyme complex on performance, biochemical parameters and antioxidant status of laying hens. *SA J. An. Sci.* 48(2):390–399. doi:10.4314/sajas.v48i2.20.
- Bedford MR. 2013. *Enzymes in farm animal nutrition*. 2nd ed. Wallingford, Oxfordshire, UK, Cambridge, MA: CABI Pub. 97 p. ISBN: 978-1-84593-674-7.
- Caballero J. 2018. *Utilización de fitasas en la alimentación de no rumiantes [Tesis]*. Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Cardinal KM, Moraes ML de, Andretta I, Schirmann GD, Belote BL, Barrios MA, Santin E, Ribeiro AML. 2019. Growth performance and intestinal health of broilers fed a standard or low-protein diet with the addition of a protease. *R. Bras. Zootec.* 48:1–11. doi:10.1590/rbz4820180232.
- Casartelli EM, Junqueira OM, Laurentiz AC, Filardi RS, Lucas Júnior J, Araujo LF. 2005. Effect of phytase in laying hen diets with different phosphorus sources. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 7(2):93–98. doi:10.1590/S1516-635X2005000200005.
- Díaz E, Narvaez W, Lopez J. 2010. Evaluación de niveles de proteína para ponedoras comerciales en el trópico. *facultad de ciencias agropecuarias*; [consultado el 26 de jul. de 2021]. 2(1):50–59. <https://bit.ly/2V12SmD>.

- DSM. 2013. Guía de DSM para la pigmentación de la yema de huevo con CAROPHYLL. Holanda: DSM; [consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3wVuAhM>.
- DSM. 2016. DSM egg yolk pigmentation guidelines 2016. Holanda: DSM; [consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3rnaax2>.
- DSM. 2018. Flock health influences carotenoid deposition in the yolk. Holanda: DSM; [consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3BsRHn9>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021. Gateway to poultry production and products. Roma: FAO; [consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3eHwagN>.
- Fontinelli E. 2018. Uso de enzimas para ponedoras modernas. Miami: Lpn congress; [consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3eljhmo>.
- Francesch M, Perez-Verdrell A-M, Esteve-Garcia E, Brufau J. 1995. Enzyme Supplementation of a Barley and Sunflower-Based Diet on Laying Hen Performance. *Journal of Applied Poultry Research*. 4(1):32–40. doi:10.1093/japr/4.1.32.
- Geraldo A, Gomes KRA, Fassani ÉJ, Bertechini AG, Simão SD, Nogueira FS. 2014. Carbohydrase and phytase supplementation in diets for semi-heavy laying hens. *Acta Sci. Anim. Sci.* 36(3):285–290. doi:10.4025/actascianimsci.v36i3.21952.
- Habibollahi M, Abousadi MA, Nakhaee P. 2019. The Effect of Phytase on Production Performance, Egg Quality, Calcium and Phosphorus Excretion, and Fatty Acids and Cholesterol Concentration in Hy-Line Layers Fed Diets Containing Rice Bran. *Journal of Applied Poultry Research*. 28(3):688–698. doi:10.3382/japr/pfz020.
- Hahn-Didde D, Purdum SE. 2014. The effects of an enzyme complex in moderate and low nutrient-dense diets with dried distillers grains with solubles in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 23(1):23–33. doi:10.3382/japr.2013-00764.
- Hashemi M, Seidavi A, Javandel F, Gamboa S. 2017. Influence of non-starch polysaccharide-degrading enzymes on growth performance, blood parameters, and carcass quality of broilers fed corn or

- wheat/barley-based diets. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 30(4):286–298. doi:10.17533/udea.rccp.v30n4a04.
- Humer E, Schwarz C, Schedle K. 2015. Phytate in pig and poultry nutrition. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 99(4):605–625. eng. doi:10.1111/jpn.12258.
- Hy-line. 2018. Brown Commercial Layers Management Guide. Estados Unidos: Hy-line; [consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3Blywal>.
- Kim C-H, Song J-H, Lee J-C, Lee K-W. 2014. Age-Related Changes in Egg Quality of Hy-Line Brown Hens. *International J. of Poultry Science*. 13(9):510–514. doi:10.3923/ijps.2014.510.514.
- Lee KW, Choi YI, Moon EJ, Oh ST, Lee HH, Kang CW, An BK. 2014. Evaluation of dietary multiple enzyme preparation (natuzyme) in laying hens. *Asian-Australas J Anim Sci*. 27(12):1749–1754. eng. doi:10.5713/ajas.2014.14294.
- Lei S. 2021. The Role of Chicken Eggs in Human Nutrition. *JFNM*. 3(3):1–3. doi:10.31487/j.JFNM.2020.03.02.
- Lei XJ, Lee KY, Kim IH. 2018. Performance, egg quality, nutrient digestibility, and excreta microbiota shedding in laying hens fed corn-soybean-meal-wheat-based diets supplemented with xylanase. *Poult Sci*. 97(6):2071–2077. eng. doi:10.3382/ps/pey041.
- Leinonen I, Williams AG. 2015. Effects of dietary protease on nitrogen emissions from broiler production: a holistic comparison using Life Cycle Assessment. *J Sci Food Agric*. 95(15):3041–3046. eng. doi:10.1002/jsfa.7202.
- Li H, Xin H, Burns RT, Roberts SA, Li S, Kliebenstein J, Bregendahl K. 2012. Reducing ammonia emissions from laying-hen houses through dietary manipulation. *J Air Waste Manag Assoc*. 62(2):160–169. eng. doi:10.1080/10473289.2011.638414.
- Martínez R, Sanz A. 2012. Enzimas en alimentación aviar: novedades y aplicación práctica. *Ann. R. Acad. CC. Vet*; [consultado el 26 de jul. de 2021]. 20(1):211–220. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/15-enzimas_alimentacion_211.pdf.

- Mirzaie S, Zaghari M, Aminzadeh S, Serrano M, Hivazad M, Mateos G. 2011. Efectos de la inclusión de trigo y suplementación con xilanasas del pienso sobre la actividad enzimática intestinal, la retención de los nutrientes y la productividad en gallinas de 25 a 33 semanas de edad. En: ITEA XIV Jornadas sobre Producción Animal; 17/05/2011 - 18/05/2011. Zaragoza (España): E.T.S.I. Agrónomos (UPM).
- Mirzaie S, Zaghari M, Aminzadeh S, Shivazad M, Mateos GG. 2012. Effects of wheat inclusion and xylanase supplementation of the diet on productive performance, nutrient retention, and endogenous intestinal enzyme activity of laying hens. *Poult Sci.* 91(2):413–425. eng. doi:10.3382/ps.2011-01686.
- Molfese I. 2015. Resultados de una producción avícola eficiente. Nuevos retos a los que se enfrenta la avicultura en América Latina. Panamá: Asociación Latinoamericana de Avicultura; [consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3ki0X0Q>.
- Oba A, Pinheiro JW, Da Silva CA, Castro-Gómez RJH, Benitez CR, Ueno FY, Borges CA, Almeida M de. 2013. Performance, qualitative and microbiology characteristics of laying hens fed with different levels of enzyme complex. *Sem. Ci. Agr.* 34(6Supl2):41–79. doi:10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl2p4179.
- Ortiz A, Mallo J. 2013. Factores que afectan a la calidad externa del huevo. España: Norel S.A; [consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3kGCSYk>.
- Perazzo Costa FG, Lima MR de, Ceccantini ML, Neto RM, Castro Goulart C de, Santos de Oliveira CF, Gonçalves Vieira DV, Santos CS. 2015. Exogenous enzyme complexes and linoleic acid to laying hens. *Journal of Applied Poultry Research.* 24(1):30–36. doi:10.3382/japr/pfv001.
- Resende VCdS, Brainer MMdA, Modesto KP, Da Leite PRdSC, Freitas PVDX de. 2017. Effects of enzyme supplementation on diets of medium-heavy laying hens at 28 to 40 weeks. *Revista Ciencia Agronómica.* 48(4):683–689. doi:10.5935/1806-6690.20170079.

- Ribeiro T. 2012. Using enzymes in poultry feed to increase profits. United States: Feed Strategy; [consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3rsvnWw>.
- Salah H. 2020. Reducing poultry feed costs with enzyme supplements. Holanda: All About Feed; [consultado el 26 de jul. de 2021]. <https://bit.ly/3BuPFmu>.
- Vandeplas J, Bodin J. 2012. Accion de una xilanasa producida por *Bacillus Subtilis*: Efectos sobre la flora intestinal y el estado sanitario en las aves. Selecciones avícolas; [consultado el 26 de jul. de 2021]. 54(11):19–22. <https://n9.cl/4e6u6>.
- Vargas RC, Geraldo A, Rocha TC, Silva IM, Teles SP, Nogueira FS, Carvalho CA de, Gonçalves RA. 2017. Complexo multienzimático na dieta das galinhas poedeiras. Rev. Cienc. Agrovet. 16(1):61–69. doi:10.5965/223811711612017061.
- Vieira Filho JA, Geraldo A, Machado LC, Brito JÁG de, Bertechini AG, Murakami ESF. 2015. Effect of protease supplementation on production performance of laying hens. Acta Sci. Anim. Sci. 37(1):29–33. doi:10.4025/actascianimsci.v37i1.22830.
- Wen C, Wang LC, Zhou YM, Jiang ZY, Wang T. 2012. Effect of enzyme preparation on egg production, nutrient retention, digestive enzyme activities and pancreatic enzyme messenger RNA expression of late-phase laying hens. Animal Feed Science and Technology. 172(3-4):180–186. doi:10.1016/j.anifeedsci.2011.11.012.
- Yan L, Wang JP, Kim HJ, Meng QW, Ao X, Hong SM, Kim IH. 2010. Influence of essential oil supplementation and diets with different nutrient densities on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, meat quality and fecal noxious gas content in grower–finisher pigs. Livestock Science. 128(1-3):115–122. doi:10.1016/j.livsci.2009.11.008.
- Yi Z, Kornegay ET, Denbow DM. 1996. Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poults fed corn-soybean meal diets. Poult Sci. 75(8):979–990. eng. doi:10.3382/ps.0750979.