

Mycosorb A+® como adsorbente de micotoxinas en la dieta sobre la salud y la producción en cuyes

Mycosorb A+® as a mycotoxin adsorbent in the diet on health and production in guinea pigs

Edwin James Fernández-Fuentes¹, Bernardo Roque-Huanca¹, Regina Sumari-Machaca¹, Edgar Octavio Roque-Huanca¹, Heber Nehemias Chui-Betancur^{2*} y Katia Pérez-Argollo¹

Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro de Investigación Fundo Carolina. Puno, Perú.

*Autor para correspondencia: hchui@unap.edu.pe

RESUMEN

Los alimentos destinados a los animales están contaminados por hongos filamentosos que producen micotoxinas. El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de Mycosorb A+® como adsorbente de micotoxinas en la dieta sobre la salud, producción y beneficio económico de cuyes en crianza comercial. Se utilizaron 80 cuyes en crecimiento de la raza Perú, entre machos y hembras, con un peso de $435,5 \pm 35,5$ gramos (g), distribuidos al azar en dos grupos de alimentación: dieta con Mycosorb A+® (experimental) y dieta sin Mycosorb A+® (control), realizado en el distrito de Ilabaya-Tacna, Perú, a 1.425 metros de altitud, durante 57 días. La dieta se elaboró con heno molido de alfalfa, maíz amarillo, afrecho de trigo, torta de soya, harina integral de soya y fuentes de minerales y vitaminas, ofrecida para consumo *ad libitum*, más $12,5 \text{ g-día}^{-1}$ de alfalfa fresca (H^o 78 %) por cuy. Los resultados indican que todas las variables evaluadas, excepto el consumo de materia seca, fueron significativas ($P < 0,05$): morbilidad 2,5 vs. 35,0 %; consumo de materia seca, $59,8 \pm 2,1$ vs. $58,0 \pm 2,4 \text{ g-día}^{-1}$; ganancia de peso vivo, $9,7 \pm 1,4$ vs. $7,8 \pm 0,9 \text{ g-día}^{-1}$; conversión alimenticia, $6,3 \pm 0,9$ vs. $7,5 \pm 0,6$; y relación beneficio-coste, 1,52 vs. 1,35, respectivamente. Se concluye que la inclusión de Mycosorb A+® como adsorbente de micotoxinas en la dieta tiene efecto positivo en la salud, producción y beneficio económico en la crianza comercial de cuyes.

Palabras clave: Cuyes; hongos; micotoxinas; Mycosorb A+®; levaduras; zearalenona

ABSTRACT

Food intended for animals is contaminated by filamentous fungi that produce mycotoxins. The research objective was to evaluate the effect of Mycosorb A+® as a mycotoxin adsorbent in the diet on the health, production and economic benefit of commercially raised guinea pigs. A 80 growing guinea pigs of the Peru breed were used, between males and females, weighing 435.5 ± 35.5 grams (g), randomly distributed into two feeding groups: diet with Mycosorb A+® (experimental) and diet without Mycosorb A+® (control), carried out in the district of Ilabaya-Tacna, Peru, at an altitude of 1,425 meters, for 57 days. The diet was made with ground alfalfa hay, yellow corn, wheat bran, soybean meal, whole soybean meal, and sources of minerals and vitamins, offered for *ad libitum* consumption, plus 12.5 g-day^{-1} of fresh alfalfa (H^o 78 %) by guinea pig. The results indicate that all the variables evaluated, except dry matter intake, were significant ($P < 0.05$): morbidity 2.5 vs. 35.0 %; dry matter intake, 59.8 ± 2.1 vs. $58.0 \pm 2.4 \text{ g-day}^{-1}$; live weight gain, 9.7 ± 1.4 vs. $7.8 \pm 0.9 \text{ g-day}^{-1}$; feed conversion, 6.3 ± 0.9 vs. 7.5 ± 0.6 ; and benefit-cost ratio, 1.52 vs. 1.35, respectively. It is concluded that the inclusion of Mycosorb A+® as a mycotoxin adsorbent in the diet has a positive effect on health, production and economic benefit in the commercial breeding of guinea pigs.

Key words: Fungi; guinea pigs; mycotoxins; Mycosorb A+®; yeast; zearalenone

INTRODUCCIÓN

Los alimentos destinados a los animales están naturalmente contaminados por ciertos géneros de hongos filamentosos que producen metabolitos secundarios invisibles y tóxicos denominados micotoxinas [10]. Los hongos de contaminación más frecuentes son los *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, cuyas toxinas más peligrosas para el ser humano y los animales son las aflatoxinas [7, 11]. Cada año, el 25 % de productos agrícolas y granos del mundo se contaminan por micotoxinas durante el crecimiento, cosecha y almacenamiento [4], causando billones de dólares en pérdidas industriales y agrícolas [37].

Los animales que consumen alimentos contaminados con micotoxinas pueden sufrir problemas de salud, toxicidad aguda y crónica, tales como atrofia de los ovarios, aumento de las reabsorciones letales del embrión, hinchazón de la vulva y el útero, infertilidad en conejos (*Oryctolagus cuniculus*), ratas (*Rattus*), ratones (*Mus musculus*) y cuyes (*Cavia porcellus*) [9], cambios patológicos en hígado y riñones, alteraciones del estado antioxidante y daño inducido del ácido desoxirribonucleico (ADN) [12], pudiendo existir presencia de micotoxinas en los productos (carne, leche, huevos) de los animales que consumen alimentos contaminados con micotoxinas, provocando problemas en la salud pública [4].

Los adsorbentes de uso en la alimentación animal tienen la capacidad de unirse a las micotoxinas, evitando su disociación en el tracto digestivo, disminuyendo así su absorción y promoviendo su excreción [33]. El mercado ofrece una variedad de adsorbentes para el control de aflatoxinas en aves de corral [56], cerdos (*Sus scrofa domestica*) [52] y pollos de carne (*Gallus gallus domesticus*) [2], como productos orgánicos de β-D-glucanos obtenidos de algas y extractos de paredes celulares [Mycosorb A+®, o productos inorgánicos que incluyen a las tierras de diatomeas, arcillas activas, aluminosilicatos y carbón activado [17].

Los estudios experimentales en cerdos alimentados con dietas contaminadas con Fumonisina y Aflatoxina B1 y la adición de Mycosorb A+® refieren un mayor consumo de alimento y ganancia de peso [12, 13]; sin embargo, estos resultados podrían no ser inferibles en cuyes debido a sus diferencias fisiológicas [14] y anatómicas [40], por lo que es necesario investigar sus efectos en esta especie.

El distrito de Ilabaya es un espacio geográfico de valle interandino, ubicado a 1.425 metros (m) de altitud, por sus características de humedad y temperatura que evidencian, como en cualquier suelo del mundo, la presencia de hongos contaminantes en los alimentos [17], donde las pruebas piloto realizadas con adición de Mycosorb A+® [5] en el alimento en situaciones de granja, evidenciaron mejoras en la salud y la producción de cuyes; sin embargo, no se cuenta con datos para recomendar su uso.

El artículo reporta un trabajo experimental con el objetivo de evaluar el efecto de Mycosorb A+® como adsorbente de micotoxinas en la dieta, sobre la salud, producción y beneficio económico de cuyes en crianza comercial, realizado en el distrito de Ilabaya de la región de Tacna, con la hipótesis de que la inclusión de Mycosorb A+® en la dieta controla las micotoxinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ámbito experimental, instalaciones y manejo

El trabajo se realizó en un galpón de crianza intensiva de cuyes de la Manzana E, lote 11 del anexo Ticapampa, ubicado a 12 kilómetros del distrito de Ilabaya, en la provincia Jorge Basadre Grohmann de la región de Tacna, a una altitud de 1.425 m y una temperatura promedio de

20°C. Para el experimento se utilizó un galpón de cuyes, construido con columnas de hierro acanalado, paredes de esteras de caña de carrizo (*Arundo Donax*), revestidas con barro, techo de calamina con claroboyas de iluminación, ventanas de ventilación natural, con una malla de pescar como cielo raso, piso de tierra firme, con 12 pozas de 1 m², con sus bebederos automáticos marca IZM y comederos modelo tolva de 6 kilogramos (kg) de capacidad marca IZM, ambos equipos fabricados por la empresa Inver ZM, Perú. Para la adecuación del galpón se tomó todas las medidas de bioseguridad, en sus aspectos físicos, químicos y biológicos, tales como limpieza, lavado y desinfección. El manejo sanitario y las variables ambientales dentro del galpón (temperatura y humedad) fueron similares para todas las unidades experimentales. Las variables de consumo de alimento y peso vivo fueron registradas con una balanza de precisión de 1000/1 g de capacidad, marca Kambor - CAMRY modelo EK 5056, China.

Animales y alimentación

Para la investigación se utilizaron 80 cuyes destetados de 15 días de edad de la raza Perú, clínicamente sanos, entre machos y hembras, cuyo peso inicial fue de 435,5 ± 35,5 gramos (g), sin variación entre sexos, los mismos que fueron distribuidos de manera aleatoria en dos grupos, experimental y control; es decir, dieta con y sin adición de Mycosorb A+® [5], respectivamente. La dieta fue una mezcla balanceada elaborada con heno de alfalfa (*Medicago sativa*) de disponibilidad local, procesado mecánicamente a un tamaño de 8 milímetros (mm) Ø, grano molido de maíz amarillo (*Zea mays*), torta de soya (*Glycine max*), harina integral de soya, subproductos de trigo (*Triticum aestivum*), y fuentes de minerales y vitaminas (TABLA I), formulada con niveles de nutrientes según las recomendaciones para cuyes en crecimiento [48, 63]. La dieta experimental contenía el adsorbente comercial Mycosorb A+®, en una cantidad de 0,9 g·kg⁻¹ de mezcla (TABLA I). Además, se suministró alfalfa fresca (H° 78 %) en una cantidad de 12,5 g·día⁻¹ por cuy, en ambos grupos, como promotor de consumo y fuente de vitamina C [42].

TABLA I
Mezcla alimenticia destinada a cuyes en crecimiento

Alimentos	Mezcla (%)	Valor nutricional, 100% MS*	
Heno molido de alfalfa	50,00	ED, kcal/kg MS*	2845
Maíz amarillo molido	22,60	Proteína cruda, %	15,00
Afrecho de trigo	15,16	FDN, %*	35,00
Torta de soya	5,43	Calcio, %	0,80
Harina integral de soya	4,84	Fósforo total, %	0,40
Fosfato dicálcico	0,53	Sodio, %	0,15
Carbonato de calcio	0,46	Vit. C, mg/kg MS	200,00
DL-Metionina	0,26		
Sal común	0,25		
L-Lisina	0,17		
Sal mineral comercial	0,13		
Mycosorb A+®	0,09		
Cloruro de colina	0,06		
Vitamina C comercial	0,02		
Total	100,00		

*MS: materia seca, ED: energía digestible, FDN: fibra en detergente neutro

El contenido de micotoxinas en la dieta se determinó por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA) [14, 30], a cargo de la empresa de Certificaciones del Perú S. A. (CERPER) de la ciudad de Lima, cuyo reporte fue 128 microgramos (µg) de zearalenona y 1 µg de aflatoxinas totales por kg de dieta [6]. No se determinó el contenido de micotoxinas en la alfalfa fresca, puesto que fue cosechada fresca, por corte, limpia, sana y en forma diaria, sin presencia evidente de hongos, y con la asunción de que los hongos y las micotoxinas en los alimentos ocurren después de la cosecha, por un almacenamiento deficiente [20].

Determinación de las variables de estudio

La morbilidad y mortalidad de los cuyes se determinó con adecuación a la fórmula siguiente [1, 62]:

$$\text{Morbilidad o Mortalidad (\%)} = \frac{\text{Número de casos}}{\text{Número de animales}} \times 100$$

El riesgo de intoxicación por micotoxinas en los cuyes fue evaluado a partir de los valores de la Tabla de asociación tetracórica de 2x2 simple de estrato único (TABLA II), a fin de analizar 2 variables dicotómicas: una independiente (exposición) y una dependiente (enfermedad), donde las micotoxinas se manifiestan con enfermedad en los animales [27].

TABLA II

Asociación de 2x2: exposición-enfermedad para evaluar riesgo

Exposición al riesgo	Enfermos	Sanos	Total
Expuestos (sin Mycosorb A+®)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>
No expuestos (con Mycosorb A+®)	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>c+d</i>
Total	<i>a + c</i>	<i>b + d</i>	<i>a + b + c + d</i>

Las medidas de riesgo se evaluaron mediante las siguientes fórmulas de medidas de asociación de uso en epidemiología [54]

- Riesgo absoluto de expuestos (RA_e): $RA_e = \frac{a}{a+b}$
- Riesgo absoluto de no expuestos (RA_{ne}): $RA_{ne} = \frac{c}{c+d}$
- Odds ratio (OR): $OR = \frac{a \times d}{b \times c}$
- Riesgo atribuible (RA_t): $RA_t = RA_e - RA_{ne}$
- Proporción de riesgo atribuible ($RA_t\%$): $RA_t\% = \left(\frac{RA_t}{RA_e}\right) \times 100$

El desempeño productivo de los cuyes se determinó a través de la medición del consumo de alimento, la ganancia de peso vivo y la conversión alimenticia. El consumo de alimento se determinó como la diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado, ajustado a la materia seca (MS); la ganancia de peso vivo (GPV), como la diferencia entre el peso vivo final y el peso vivo inicial [40]; y la conversión alimenticia (CA), como el cociente entre el alimento consumido en MS y la GPV [32]. Los pesos vivos se registraron con una balanza digital de precisión de 1000/1 g de capacidad.

El beneficio económico por el uso de Mycosorb A+® se determinó a través de la relación beneficio-costos (B/C), mediante fórmulas para el análisis económico de la crianza de cuyes, fundado en la determinación de costos unitarios y totales de la producción de

gazapos [26]. El presupuesto de la granja se realizó con un plan físico y financiero a fin de determinar los costos totales (gastos) así como los retornos (ingresos) durante la investigación.

$$\text{Margen neto (utilidad)} = \text{Retorno total (ingresos)} - \text{Costo total (egresos)}$$

$$\text{Costo Total} = \text{Costos fijos} + \text{Costos variables}$$

El modelo para estimar el presupuesto de la granja se describe mediante la siguiente fórmula [28]:

$$ING = IB - (CVT + CFT)$$

Donde: ingreso neto de la granja (ING); ingreso bruto (IB); costo variable total (CVT) y costo fijo total (CFT). El CVT incluye: costo de trabajo contratado, electricidad, agua, medicamentos y mercadeo. El CFT incluye: costo de equipo, maquinaria, alojamiento, generador y depreciación de la tierra. Para estimar el precio de los ítems del costo fijo, se utilizó el método de depreciación lineal, con la asunción de que los activos fijos tienen un valor residual, según la fórmula siguiente [31].

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Costo del activo} - \text{valor residual}}{\text{Vida útil}}$$

La relación beneficio-costos (B/C) se estimó como el cociente entre el retorno total y el costo total, a fin de medir la relación entre los costos y los beneficios relativos, expresado en términos monetarios o cualitativos, es decir, la capacidad de la granja a fin de alterar sus obligaciones financieras y continuar aún en pie [47].

$$B/C = \frac{\text{Retorno total}}{\text{Costo total}}$$

El criterio de aceptación corresponde si B/C es mayor a la unidad; es así que, B/C estuvo en relación entre el valor total actual de los beneficios durante la vida útil del proyecto y el valor actual total de los costos en la medida de la tasa de rendimiento atractivo (MTRA).

El mérito económico, uno de los indicadores económicos más simples y de mayor uso en zootecnia, se estimó como la relación entre la utilidad neta con respecto al costo de producción [8, 64], el mismo que equivale al margen de rentabilidad bruta [23]

$$ME = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Costo de producción}} \times 100$$

Análisis estadístico

Los datos se expresaron en medidas de tendencia central y dispersión, tales como promedio y desviación estándar. El efecto del uso de Mycosorb A+® sobre la mortalidad y morbilidad se analizó mediante la prueba de Ji cuadrado. El efecto de Mycosorb A+® sobre el desempeño productivo: ConAI, GPV y CA, se analizó mediante la prueba de comparación de medias con t de Student, sujeta a una prueba de hipótesis ($\alpha=0,05$) [19].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morbilidad y mortalidad

En la TABLA III se resume la morbilidad y mortalidad de cuyes alimentados con y sin adición de Mycosorb A+® en la dieta. Los dos grupos de cuyes iniciaron el proceso en un estado de aparente buena salud; sin embargo, 14 cuyes del grupo control enfermaron en la primera etapa, con una morbilidad alta (35%), con signos evidentes de malestar en su salud, con relación al único cuy del grupo experimental (2,5%),

siendo la diferencia significativa ($P < 0,05$). El porcentaje de mortalidad fue 0 durante el período experimental, en los dos tratamientos.

TABLA III
Morbilidad y mortalidad de cuyes alimentados con y sin adición de Mycosorb A+® en la dieta

Variables evaluadas	Con Mycosorb A+® (Experimental)	Sin Mycosorb A+® (Control)	P-valor
Número de cuyes	40	40	
Cuyes enfermos	1	14	<0,001
Morbilidad, %	2,5	35,0	<0,001
Cuyes muertos	0	0	
Mortalidad, %	0	0	

El cuadro clínico de los animales que enfermaron a causa de las micotoxinas fue leve, temporal y pasajero, recuperándose todos los casos en forma espontánea, sin necesidad de tratamiento. Los signos más evidentes de los cuyes enfermos fueron: separación del grupo, locomoción lenta, pérdida de peso de hasta 101 g, disminución del apetito, pelo opaco, ojos hundidos, heces de consistencia pastosa a sólida, frecuencia respiratoria de 85 a 90 respiraciones por minuto (min), frecuencia cardíaca de 230 a 270 latidos por min, y temperatura corporal de 37 a 39 °C. Los signos clínicos del único cuy enfermo del grupo experimental fueron leves y sin complicaciones, evidenciando el efecto nocivo de las micotoxinas en el grupo control y el efecto protector de Mycosorb A+® en el grupo experimental.

La exposición al riesgo se manifestó con una Odds Ratio de 21, y una proporción de riesgo atribuible (RA, %) de 92,9 %, indicando que, desde el punto de vista epidemiológico, las micotoxinas en la dieta significaron un riesgo de 21 veces de causar enfermedad [21, 41] y que el 92,9 % de los cuyes expuestos a las micotoxinas desarrollaron enfermedad.

Es posible que las micotoxinas hayan causado algunas lesiones en hígado, intestinos y pulmones, o alteraciones en el metabolismo de las proteínas, disminución de la inmunidad, convulsiones y gangrena [11]; sin embargo, ninguno de estos eventos fue observado, puesto que ningún animal murió, atribuible a la baja concentración de micotoxinas en la dieta, 128 µg de zearalenona y 1 µg de aflatoxinas totales por kg de alimento [37].

La mortalidad cero de los cuyes del grupo control se atribuye a la pequeña magnitud del consumo de micotoxinas, con relación a la concentración tóxica. Los cuyes del grupo control, con un peso vivo promedio de 675,5 g, consumieron 58,0 g de MS por día (TABLA III), y 7,424 µg de zearalenona, equivalente a 10,99 µg·kg⁻¹ de peso vivo, la misma que está por debajo de la dosis letal media (DL₅₀ = 5.000 miligramos·kg⁻¹ –mg·kg⁻¹– de peso vivo). En forma similar, el consumo de aflatoxinas totales fue de 0,058 µg·día⁻¹, equivalente a 0,086 µg·kg⁻¹ de peso vivo, la misma que está por debajo de la dosis letal media de aflatoxina B1 (DL₅₀ = 1,40 mg·kg⁻¹ de peso vivo) en cuyes [36], por lo que sus efectos fueron leves [38], compatibles con la salud y la vida de los animales, causándoles solo una pequeña disminución de la respuesta inmunológica y alguna interferencia de los mecanismos naturales de resistencia, y una reducción pasajera en la tasa de crecimiento [35].

La zearalenona es una micotoxina distribuida en todo el mundo [45], con una ingesta máxima diaria tolerable de 0,5 µg·kg⁻¹ de peso vivo, puede afectar gravemente el rendimiento productivo del cerdo debido a sus efectos estrogénicos [39, 53], mientras que las dietas con 1,8 mg de zearalenona por kg en ratas incrementa la GPV, pero disminuye la tasa de CA [15]; sin embargo, puede afectar la reproducción en cerdos [51]. La vitamina C contenida en la dieta y en la alfalfa fresca consumida, en ambos grupos, tuvo un efecto protector, amortiguando la toxicidad de las micotoxinas [46].

Desempeño productivo de los cuyes

La TABLA IV resume los resultados obtenidos en el desempeño productivo de los cuyes durante el estudio. Los animales iniciaron el estudio con pesos vivos similares entre los grupos experimental y control (455 ± 34 vs. 452 ± 31 g), similar ConAl (59,8 ± 2,1 vs. 58,0 ± 2,4 g MS·día⁻¹); sin embargo, finalizaron con diferentes ($P < 0,05$) pesos vivos (1008 ± 51 vs. 899 ± 55 g), GPV (9,7 ± 1,4 vs. 7,8 ± 0,9 g·día⁻¹), y CA (6,3 ± 0,9 vs. 7,5 ± 0,6), evidenciando el efecto protector de Mycosorb A+® de las micotoxinas del grupo experimental, con relación al grupo control.

TABLA IV
Desempeño productivo de cuyes alimentados con y sin adición de Mycosorb A+® en la dieta

Variables evaluadas	Con Mycosorb A+® (Experimental)	Sin Mycosorb A+® (Control)	P-valor
Consumo de materia seca, g·d ⁻¹	59,8 ± 2,1	58,0 ± 2,4	0,1065
Peso vivo inicial, g	455 ± 34	452 ± 31	0,6987
Peso vivo final, g	1.008 ± 51	899 ± 55	<0,0001
Ganancia de peso vivo, g·d ⁻¹	9,7 ± 1,4	7,8 ± 0,9	<0,0092
Conversión alimenticia	6,3 ± 0,9	7,5 ± 0,6	0,0088

El resultado más interesante del proceso es que, el consumo de alimento, habiendo sido similar entre los grupos experimental y control (59,8 ± 2,1 vs. 58,0 ± 2,4 g·día⁻¹), la GPV fue diferente entre los grupos ($P < 0,05$), con una ventaja de aproximadamente 2 g·día⁻¹ a favor del grupo experimental, evidenciando el efecto positivo de Mycosorb A+® en el desempeño productivo.

Los reportes indican que el 25 % de los cultivos alimentarios están contaminados con micotoxinas [50]; sin embargo, ese valor estaría subestimado, ya que de 60 a 80 % de los alimentos se encuentran contaminados por hongos en mayor o menor grado, por lo que los microorganismos *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, y sus micotoxinas (ocratoxina, deoxinivalenol, aflatoxinas, toxinas HT-2 y T-2, fumonisina y zearalenona), co-ocurren naturalmente en las diversos cultivos agrícolas y contaminan los alimentos destinados a los animales de granja, donde el ser humano forma parte del riesgo de contaminación por micotoxinas, con los efectos dañinos asociados para a su salud [22, 57].

El maíz es un cultivo básico, cuyo grano es el alimento primordial para la mayor parte de los animales y la población humana del mundo

[60], siendo el cultivo más dispuesto al contagio por hongos en los climas subtropicales y tropicales, dada las condiciones ambientales de humedad y temperatura que favorecen el desarrollo de los hongos [58, 59], con algunas regiones donde las concentraciones de aflatoxinas, ya se encuentran en niveles extremadamente altos, en etapas previas a la cosecha [60], y mucho más altos en las etapas posteriores a la cosecha, con una media de $131,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, llegando hasta $58.000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [49].

La dieta utilizada en la alimentación de los cuyes del presente estudio tenía un contenido de $128 \mu\text{g}$ de zearalenona- kg^{-1} , el mismo que supera el límite máximo permisible en alimentos elaborados destinados para animales de granja ($0,1$ a $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), según edad y especie [55]. La zearalenona en cuyes presenta una toxicidad aguda relativamente baja, con una dosis letal media (DL50) de $>5.000 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de peso vivo por vía oral [24].

El cerdo es la especie animal más sensible a la zearalenona, por lo que, considerando su similitud con el humano, el Panel de Contaminantes de la Cadena Alimentaria, estableció una ingesta diaria tolerable (IDT) de zearalenona de $0,25 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de peso vivo [18]. A partir de esta base, los cuyes del grupo experimental del presente estudio, con un promedio de $731,5 \text{g}$ de peso vivo, en los $59,8 \text{g}\cdot\text{día}^{-1}$ de MS ingerida (TABLA IV), consumieron $7,65 \mu\text{g}\cdot\text{día}^{-1}$ de zearalenona, equivalente a $10,46 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de peso vivo, la misma que es superior a la IDT [18]; sin embargo, no tuvo efecto sobre la salud, por el efecto protector de Mycosorb A+® [25, 61]; en cambio, los cuyes del grupo control, en $58,0 \text{g}$ de MS, consumieron $7,42 \mu\text{g}\cdot\text{día}^{-1}$ de zearalenona, equivalente a $10,99 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de peso vivo, con efecto negativo en la salud y la producción. Los resultados están de acuerdo con reportes en aves [56] y cerdos [3].

Los cuyes son muy tolerantes a la zearalenona [24], pero altamente susceptibles a la aflatoxinas, cuya intoxicación aguda, tiene un efecto indirecto sobre el sistema colinérgico, con liberación de acetilcolina a nivel de las terminaciones nerviosas parasimpáticas posganglionares, con efectos gastrointestinales agudos [34]. Estos compuestos tóxicos se ubican especialmente en las esporas y en los micelios de los hongos toxigénicos, cuya ingestión origina una respuesta tóxica [45]. Su síntesis ocurre al final de la fase exponencial de crecimiento y parece no tener importancia biológica en lo que respecta al desarrollo y crecimiento de los hongos. La toxicidad dependerá de diversos factores que incluye los mecanismos de defensa, el nivel de ingesta, las especies de toxinas, el metabolismo, la duración de la exposición y los mecanismos de acción [63].

Los cuyes del grupo control evidenciaron efectos negativos de las micotoxinas sobre la salud y la respuesta productiva, con efecto cancerígeno, inmunosupresor, teratógeno, estrogénico y neurotóxico en animales y/o humanos [64]. Una sola dosis tóxica subletal de aflatoxina en los cuyes, provoca cambios microscópicos en el tejido hepático, altera las enzimas hepáticas (sorbitol deshidrogenasa y ornitina carbamoiltransferasa), la actividad del cuarto componente del complemento (C4) y las proteínas séricas [65].

El tracto gastrointestinal es el primer órgano diana de las micotoxinas y la primera barrera fisiológica contra los agentes contaminantes de origen alimentario [66], donde la mucosa y la microbiota allí instalada, como elementos fisiológicos primordiales para la integridad intestinal, son lesionadas por las micotoxinas [53], trastornando la salud y la función digestiva [67], por lo que la exposición a las micotoxinas disminuye la digestibilidad del alimento y la eficiencia de uso del alimento, con implicancias en la nutrición, producción y economía [69].

Relación beneficio costo por el uso de Mycosorb A+®

En la TABLA IV se especifican las variables económicas calculadas, por el uso de Mycosorb A+® en la dieta para el control de las micotoxinas en cuyes. La B/C del grupo experimental fue mayor con relación al grupo control ($1,52$ vs. $1,35$), evidenciando que, en una crianza comercial de cuyes, el uso de Mycosorb A+® en la dieta tiene beneficio económico.

A partir del análisis de los costos totales de producción, conformados por los costos fijos: cría destetada de 15 días hasta los $453,5 \pm 35,5 \text{g}$, depreciación de instalaciones, imprevistos; y los costos variables: alimentación, sanidad y mano de obra; el costo de producción de un cuy del grupo experimental fue ligeramente mayor que el del grupo control (USD $2,73$ vs. $2,69$) (TABLA V). El retorno total por la venta de los cuyes en pie estuvo influenciado por el mercado local, donde los precios varían según el peso vivo o tamaño de los animales, por lo que un cuy de 900g fue vendido a USD $3,63$, mientras que otro de 1.000g a USD $4,15$, habiéndose obtenido un ingreso total de $14,3\%$ mayor en el grupo experimental con relación al grupo control (TABLA V). La B/C fue mayor a la unidad en ambos grupos; sin embargo, con el grupo experimental se logró $12,6\%$ mayor beneficio que con el grupo control. La misma tendencia se observó en el mérito económico ($51,7$ vs. $35,1\%$), evidenciando que la adición de Mycosorb A+® en la dieta del grupo experimental, como adsorbente de micotoxinas, se manifestó con un mayor beneficio económico, con relación al grupo control.

TABLA V
Relación beneficio-costo por el uso de Mycosorb A+® en la dieta de cuyes

Variables evaluadas	Control	Experimental
Costo total, USD	109,28	107,42
Retorno total, USD	165,80	145,08
Relación beneficio-costo	1,52	1,35
Mérito económico, %	51,7	35,1

El cuy, como especie de crianza en los Andes, va adquiriendo mayor popularidad en el mundo, como un recurso para mitigar la inseguridad alimentaria y nutricional de los pueblos, debido a la calidad de su carne [68], el costo módico de su crianza y el precio alto de su carne, por lo que es un producto de mercado muy importante que se va posicionando en la economía de la población de los Andes [44], por ser un artículo de comida considerada como un manjar o delicia indígena andina [16]. El cuy criado en poza tiene un rendimiento de canal de 73% [43], por lo que un ejemplar de 900g de peso comercial, vendido a S/ $14,00$ (USD $3,63$), produce 657g de canal, cuyo potaje elaborado como cuy chactado, en un restaurante popular cuesta S/ $45,00$ (USD $11,66$), con un valor agregado de $221,4\%$ a favor del restaurante. Los países del África lo han acogido al cuy como mini-ganado, difundiendo su crianza como parte de su seguridad alimentaria y nutricional, donde el hambre es similar o mayor que en los pueblos andinos [70], siendo un pequeño animal con gran potencial que responde al derecho a la soberanía alimentaria como lo dispone la constitución del Estado Plurinacional de Bolivia [71], donde la salud, producción y reproducción son las variables clásicas de interés en la crianza; sin embargo, el beneficio económico que se pueda lograr, es quizás lo más importante en una crianza comercial de cuyes, tal como fue descubierto en este pequeño roedor, como

fuentes de carne, estiércol y economía [72], siendo la producción comercial más rentable que la producción familiar-comercial [29].

CONCLUSIONES

La inclusión de Mycosorb A+® en la dieta protege de las micotoxinas a los cuyes, manifestándose con una mínima morbilidad con relación a la dieta sin inclusión (2,5 vs. 35,0 %), una odds ratio de 21 y una proporción de riesgo atribuible de 92,9 %. El desempeño productivo por inclusión de Mycosorb A+® se manifiesta con similar ConAI pero mayor gan GPV (9,7±1,4 vs. 7,8±0,9 g·día⁻¹) y CA (6,3±0,9 vs. 7,5±0,8); así como con una mayor relación beneficio-costo (1,52 vs. 1,35). Se concluye que la inclusión de Mycosorb A+® como adsorbente de micotoxinas en la dieta se manifiesta positivamente en la salud, producción y beneficio económico de cuyes en crianza comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABOUZAHAR, C.; MIKKELSEN, L.; RAMPATIGE, R.; LOPEZ, A. Mortality statistics: a tool to improve understanding and quality. **In Health Information Systems** 13(1): 1-34. 2010. En línea: <https://bit.ly/3KhuATF>. 25/05/2022.
- [2] AKANDE, K.E.; ABUBAKAR, M.M.; ADEGBOLA, T.A.; BOGORO, S.E. Nutritional and Health Implications of Mycotoxins in Animal Feeds: A Review. **Pakistan J. Nutr.** 5(5): 398-403. 2006. <https://doi.org/dbwvhc>.
- [3] AKBARI, P.; BRABER, S.; VARASTEHE, S.; ALIZADEH, A.; GARSSSEN, J.; FINK-GREMMELES, J. The intestinal barrier as an emerging target in the toxicological assessment of mycotoxins. **Arch. Toxicol.** 91(1): 1007-1029. 2017. <https://doi.org/f9x5mb>.
- [4] ALSHANNAQ, A.; YU, J. Occurrence, Toxicity, and Analysis of Major Mycotoxins in Food. **Int. J. Environ. Res. Publ. Health.** 14(632): 1-20. 2017. <https://doi.org/gbkxkq>.
- [5] ALLTECH®, Mycosorb A+® Aditivo antimicotoxinas. 2020. Alltech. Suplemento informativo. EUA. En línea: <https://bit.ly/3XKn0nJ>. 24/01/2021.
- [6] ANATER, A. Mycotoxins And Their Consequences In Aquaculture: A Review. **Aquacult.** 451(1): 1-10. 2016. <https://doi.org/jxck>.
- [7] ATANDA, S.A.; PESSU, P.O.; AGODA, S.; ISONG, I.U.; ADEKALU, O.A.; ECHENDU, M. A.; FALADE, T.C. Fungi and mycotoxins in stored foods. **Afr. J. Microbiol. Res.** 5(25): 4373-4382. 2011. <https://doi.org/dq58cw>.
- [8] ATROSHI, F.; RIZZO, A.; WESTERMARCK, T.; ALI-VEHMAS, T. Antioxidant nutrients and mycotoxins. **Toxicol.** 180(1): 151-167. 2002.
- [9] AYAGIRWE, R.B.B.; MEUTCHIEYE, F.; MANJELI, Y.; MAASS, B.L. Production systems, phenotypic and genetic diversity, and performance of cavy reared in sub-saharan Africa. **Livest. Res. Rural Develop.** 30(6): 1-11. 2018.
- [10] BENNETT, J.W.; KLICH, M. Mycotoxins. **Clin. Microb. Rev.** 16(3): 497-516. 2003. <https://doi.org/b5hqkc>.
- [11] BEZERRA, M.E.; OLIVEIRA, F.; FEITOSA, F.; FLORINDO, M.; RONDINA, D. Mycotoxins and their effects on human and animal health. **Food Contr.** 36(1): 159-165. 2014. <https://doi.org/jxcm>.
- [12] CHAUDHARY, J.K.; SINGH, B.; PRASAD, S.; VERMA, M.R. Analysis of morbidity and mortality rates in bovine in Himachal Pradesh. **Vet. World.** 6(9): 614-619. 2013. <https://doi.org/jxcn>.
- [13] CHIOU, P.W.; YU, B.; KUO, C. Comparison of digestive function among rabbits, guinea-pigs, rats and hamsters. I. Performance, digestibility and rate of digesta passage. **Asian-Aus. J. Anim. Sci.** 13(11): 1499-1507. 2000. <https://doi.org/jxcp>.
- [14] CLOUTIER, M.L. Fungal community shifts in soils with varied cover crop treatments and edaphic properties. **Sci. Rep.** 10(6198): 1-14. 2020. <https://doi.org/jxcq>.
- [15] DENLI, M.; BLANDON, J.C.; SALADO, S.; GUYNOT, M.E.; PÉREZ, J.F. Effect of dietary zearalenone on the performance, reproduction tract and serum biochemistry in young rats. **J. Appl. Anim. Res.** 45(1): 619-622. 2017. <https://doi.org/jxct>.
- [16] DEFRANCE, S.D. The sixth toe: The modern culinary role of the guinea pig in southern Peru. **Food and Foodways** 14(1): 3-34. 2006. <https://doi.org/fqj2mv>.
- [17] DI GREGORIO, M.C. Mineral adsorbents for prevention of mycotoxins in animal feeds. **Toxin Rev.** 33(3): 125-135. 2014. <https://doi.org/gncv6w>.
- [18] EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). Scientific opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food. **Efsa J.** 9(6): 1-124. 2011. <https://doi.org/gkzv5m>.
- [19] FRADETTE, K.; KESELMAN, H.J.; ALGINA, J.; LIX, L.; WILCOX, R.R. Conventional and robust paired and independent-samples t tests: Type I error and power rates. **J. Modern Appl. Stat. Meth.** 2(2): 481-496. 2003. <https://doi.org/gn8sfw>.
- [20] FUMAGALLI, F.; OTTOBONI, M.; PINOTTI, L.; CHELI, F. Integrated mycotoxin management system in the feed supply chain: Innovative approaches. **Toxins.** 13(572): 1-35. 2021. <https://doi.org/jxcx>.
- [21] GALVANO, F.; PIVA, A.; RITIENI, A.; GALVANO, G. Dietary Strategies to Counteract the Effects of Mycotoxins: A Review. **J. Food Prot.** 64(1): 120-131. 2001. <https://doi.org/gqcjw4>.
- [22] HAFNER, D. Individual and combined effects of feed artificially contaminated with with fumonisin B 1 and T-2 toxin in weaned rabbits. **World Mycotoxin J.** 9(4): 613-622. 2016. <https://doi.org/f9dz9>.
- [23] HASTANG, W.N.; ASNAWI, A.; DARYATMO, W.N.; MEIDIANA, T. Analysis of the gross profit margin of broiler in the closed house at the Faculty of Animal Science – Hasanuddin University. IOP Conference Series: **Earth Environm. Sci.** 788(1): 12-23. 2021. <https://doi.org/jxcz>.
- [24] HIDY, P. H.; BALDWIN, R. S.; GREASHAM, R. L.; KEITH, C. L.; MCMULLEN, J. R. Zearalenone and Some Derivatives: Production and Biological Activities. **Adv. Appl. Microb.** 22(1): 59-82. 1977. <https://doi.org/drqt72>.
- [25] IHESHIULOR, O.O.M.; ESONU, B.O.; CHUWUKA, O.K.; OMEDE, A.A.; OKOLI, I.C.; OGBUEWU, I.P. Effects of mycotoxins in animal nutrition. A review. **Asian J. Anim. Sci.** 5(1): 19-33. 2011. <https://doi.org/b7g5rs>.

- [26] KARARLI, T.T. Comparison of the gastrointestinal anatomy, physiology, and biochemistry of humans and commonly used laboratory animals. **Biopharm. Drug Dispos.** 16(1): 351-380. 1995. <https://doi.org/bf8f3m>.
- [27] KIPYEGEN, C.; MULEKE, C.I.; OTACHI, E.O. Human and animal fasciolosis: Coprological survey in Narok, Baringo and Kisumu counties, Kenya. **Onderstepoort J. Vet. Res.** 89(1): 19-54. 2022. <https://doi.org/jxc2>.
- [28] KOWALSKA, K.; HABROWSKA-GÓRCZY, D.E.; PIASTOWSKA-CIESIELSKA, A.W. Zearalenone as an endocrine disruptor in humans. **Environ. Toxicol. Pharmacol.** 48(1): 141-149. 2016. <https://doi.org/f9h5gd>.
- [29] LEÓN, C.C. Evaluación de la rentabilidad económica y financiera de la implementación de una granja de cuy (*Cavia porcellus*) para realizar turismo rural en el pago de Azángaro Grande - Huanta. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú. Tesis de Maestría. 96 pp. 2018. En línea: <https://bit.ly/3ldfYC6>. 18/06/2022.
- [30] LESZCZYŃSKA, J.; MASŁOWSKA, J.; OWCZAREK, A.; KUCHARSKA, U. Determination of aflatoxins in food products by the ELISA method. **Czech. J. Food Sci.** 19(1): 8-12. 2018. <https://doi.org/jxc3>.
- [31] LIAPIS, K.J.; KANTIANIS, D.D. Depreciation methods and life-cycle costing (LCC) methodology. **Proc. Econ. Fin.** 19(1): 314-324. 2015. <https://doi.org/jxc4>.
- [32] LIU, J.; APPLGATE, T. Zearalenone (ZEN) in Livestock and Poultry: Dose, Toxicokinetics, Toxicity and Estrogenicity. **Toxins.** 12(377): 1-21. 2020. <https://doi.org/gh5xw8>.
- [33] LI, X. Occurrence of mycotoxins in feed ingredients and complete feeds obtained from the Beijing region of China. **J. Anim. Sci. Biotechnol.** 5(37): 1-8. 2014. <https://doi.org/jxc5>.
- [34] LOPEZ, E. Guinea Pigs-Small livestock with big potential. *Ileia*. 2014. En línea: <https://bit.ly/3EIRG7X>. 28/07/2022.
- [35] LUZI, A.; COMETA, M.F.; PALMERY, M. Acute effects of aflatoxins on guinea pig isolated ileum. **Toxicol. in Vitro.** 16(1): 525-529. 2002. <https://doi.org/cqkw94>.
- [36] MAHUKU, G.H.; NZIOKI, S.; MUTEGI, C.; KANAMPIU, F.; NARROD, C.; MAKUMBI, D. Pre-harvest management is a critical practice for minimizing aflatoxin contamination of maize. **Food Contr.** 96(1): 219-226. 2019. <https://doi.org/jxc6>.
- [37] MARIN, S.; RAMOS, A.J.; SANCHIS, V. Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. **Food Chem. Toxicol.** 60(1): 218-237. 2013. <https://doi.org/f5ccws>.
- [38] MARRS, T.C.; EDGINTON, J.A.G.; PRICE, P.N.; UPSHALL, D.G. Acute toxicity of T2 mycotoxin to the guinea-pig by inhalation and subcutaneous routes. **Br. J. Exp. Pathol.** 67(1): 259-268. 1986. En línea: <https://bit.ly/3Zlvtir>. 28/07/2022.
- [39] MATTHIESEN, T.; NYAMETE, F.; MSUYA, J.M.; MAASS, B.L. Importance of cavy husbandry for the livelihood of rural people in Tanzania-A case study in Iringa Region. **Develop. on the Margin.** 1(1): 5-7. 2011.
- [40] MAYULU, H.; TOPAN, E.A.; HARIS, M.I.; DARU, T.P. Evaluation of dry matter intake and average daily gain of beef cattle in Samarinda city. **J. Southwest Jiaotong Univ.** 56(1): 165-175. 2021. <https://doi.org/jxc8>.
- [41] MCHUGH, M.L. The odds ratio: calculation, usage, and interpretation. **Biochem. Med.** 19(2): 120-126. 2009. <https://doi.org/gftc4c>.
- [42] MÍNGUEZ, C.; CALVO, A. Effect of supplementation with fresh orange pulp (*Citrus sinensis*) on mortality, growth performance, slaughter traits and sensory characteristics in meat guinea pigs. **Meat Sci.** 145(1): 51-54. 2018. <https://doi.org/c65x>.
- [43] MÍNGUEZ, C.; CALVO, A.; ZEAS, V.A.; SÁNCHEZ, D.A. comparison of the growth performance, carcass traits, and behavior of guinea pigs reared in wire cages and floor pens for meat production. **Meat Sci.** 152(1): 38-40. 2019. <https://doi.org/jxc9>.
- [44] MORALES, E. The guinea pig in the Andean economy: From household animal to market commodity. **LatinAm. Res. Rev.** 29(3): 129-142. 1989. En línea: <https://bit.ly/3YKK7j2>. 28/07/2022.
- [45] NAKAVUMA, J.L.; KIRABO, A.; BOGERE, P.; NABULIME, M.M.; KAAYA, A.N.; GNONLONFIN, D.B. Awareness of mycotoxins and occurrence of aflatoxins in poultry feeds and feed ingredients in selected regions of Uganda. **Int. J. Food Contam.** 7(1): 1-10. 2020. <https://doi.org/gqxqs7>.
- [46] NETKE, S.P.; ROOMI, M.W.; TSAO, C.; NIEDZWIECKI, A. Ascorbic acid protects guinea pigs from acute aflatoxin toxicity. **Toxicol. Appl. Pharm.** 143(2): 429-435. 1997. <https://doi.org/crj5xm>.
- [47] NOONARI, S.; MEMON, M.I.N.; KOLACHI, M.A.; CHANDIO, A.A.; WAGAN, S.A.; SETHAR, A.A.; KALWAR, G.Y.; BHATTI, M.A.; KOREJO, A.S.; PANHWAR, G.M. Economic analysis of poultry production in Tando Allahyar district Sindh. **J. Econ. Sustain. Develop.** 6(3): 118-130. 2015. <https://doi.org/jxdb>.
- [48] NUTRITIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Laboratory Animals. 4th. Rev. Washington D.C.: National Academies of Sciences. Pp 1-2. 1995.
- [49] OMARA, T.; KIPROP, A.K.; WANGILA, P.; WACOO, A.P.; KAGOYA, S.; NTEZIYAREMYE, P.; ODERO, M.P.; KIWANUKA, C.; BAKER, S. The scourge of aflatoxins in Kenya: A 60-year review (1960 to 2020). **J. Food Qual.** 2021: 1-8. 2021. <https://doi.org/jxdc>.
- [50] PARK, D.L.; NJAPAU, H.; BOUTRIF, E. Minimizing risks posed by mycotoxins utilizing the HACCP concept. **FAO Food Nutr. Agricult. J.** 23(1): 49-55. 1999.
- [51] PATIENCE, J.F.; ROSSONI-SERÃO, M.C.; GUTIÉRREZ, N.A. A review of feed efficiency in swine: Biology and application. **J. Anim. Sci. Biotechnol.** 6(33): 1-9. 2015. <https://doi.org/gk7z4z>.
- [52] PRAPAPANPONG, J.; UDOMKUSONSRI, P.; MAHAVORASIRIKUL, W.; CHOOCHUAY, S.; TANSAKUL, N. *In vitro* studies on gastrointestinal monogastric and avian models to evaluate the binding efficacy of mycotoxin adsorbents by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **J. Adv. Vet. Anim. Res.** 6(1): 125-132. 2019. <https://doi.org/jxdd>.
- [53] ROBERT, H.; PAYROS, D.; PINTON, P.; THÉODOROU, V.; MERCIER-BONIN, M.; OSWALD, I.P. Impact of mycotoxins on the intestine: are mucus and microbiota new targets?. **J. Toxicol. Environm. Health.** 1(1): 1-27. 2017. <https://doi.org/jxdf>.

- [54] ROSEMBERG, H.A.; MONAHAN, C.; KENNELLY, J. Medidas de asociación en Epidemiología. **Analytic Methods in Maternal and Child Health**. Pp. 69. 1998.
- [55] ROPEJKO, K.; WARUŽEK, M. Zearalenone and its metabolites—General overview, occurrence, and toxicity. **Toxins**. 13(35): 1-12. 2021. <https://doi.org/ghs5sw>.
- [56] SAKI, A.; RAHMANI, A.; MAHMOUDI, H.; TABATABAEI, M.M.; ZAMANI, P.; KHOSRAVI, A.R. The ameliorative effect of mycosorb in aflatoxin contaminated diet of broiler chickens. **J. Livest. Sci. Tech**. 6(1): 39-47. 2018. <https://doi.org/jxdg>.
- [57] SARMA, P.; RAHA, S.; JØRGENSEN, H. An economic analysis of beef cattle fattening in selected areas of Pabna and Sirajgonj Districts. **J. the Bangladesh Agric. University**. 12(1): 127-134. 2014. <https://doi.org/jxdh>.
- [58] SMITH, J.E. Mycotoxins and Poultry Management. **Worlds Poultr. Sci. J.** 38(3): 201-212. 1982. <https://doi.org/fr5bfm>.
- [59] SELVARAJ, J.N. Mycotoxin detection – Recent trends at global level. **J. Integr. Agric.** 14(11): 2265-2281. 2015. <https://doi.org/f7zvw4>.
- [60] SOARE, E.; CHIURCIU, I.A.; BĂLAN, A.V.; DAVID, L. World Market Research on Maize. **Agricult. for Life, Life for Agricult. Conference Proceed.** 1(1): 216-222. 2018. <https://doi.org/jxdj>.
- [61] SSERUMAGA, J.P.; ORTEGA-BELTRAN, A.; WAGACHA, J.M.; MUTEGI, C.K.; BANDYOPADHYAY, R. Aflatoxin-producing fungi associated with pre-harvest maize contamination in Uganda. **Int. J. Food Microbiol.** 313(1): 108376. 2020. <https://doi.org/gnptn7>.
- [62] SZUMILAS, M. Statistical question: Explaining Odds Ratios. **J. Can. Acad. Child. Adolesc. Psychiatry**. 19(3): 227-229. 2010. <https://doi.org/dc9sbw>.
- [63] SUN, Y.; PARK, I.; GUO, J.; WEAVER, A.C.; KIM, S.W. Impacts of low level aflatoxin in feed and the use of modified yeast cell wall extract on growth and health of nursery pigs. **Anim. Nutr.** 1(3): 177-183. 2015. <https://doi.org/jxdk>.
- [64] THORNTON, P.K. Livestock production: Recent trends, future prospects, Philosophical Transactions of the Royal Society. **Biol. Sci.** 365(1): 2853-2867. 2010. <https://doi.org/b63ght>.
- [65] THURSTON, J.R.; BAETZ, A.L.; CHEVILLE, N.F.; RICHARD, J.L. Acute aflatoxicosis in guinea pigs: sequential changes in serum proteins, complement, C4, and liver enzymes and histopathologic changes. **Am. J. Vet. Res.** 41(8): 1272-1276. 1980.
- [66] VARTIAINEN, S.; YIANNIKOURIS, A.; APAJALAHTI, J.; MORAN, C.A. Comprehensive Evaluation of the Efficiency of Yeast Cell Wall Extract to Adsorb Ochratoxin A and Mitigate Accumulation of the Toxin in Broiler Chickens. **Toxin**. 12(37): 1-19. 2020. <https://doi.org/jxdm>.
- [67] WEAVER, A.C.; SEE, M.T.; KIM, S.W. Protective Effect of Two Yeast Based Feed Additives on Pigs Chronically Exposed to Deoxynivalenol and Zearalenone. **Toxin**. 6(1): 3336-3353. 2014. <https://doi.org/gcfnws>.
- [68] WITKOWSKA, A. The effects of diet on anatomy, physiology and health in the Guinea Pig. **J. Anim. Health Behav. Sci.** 11(1): 1-6. 2017.
- [69] XU, R.; KIARIE, E.G.; YIANNIKOURIS, A.; SUN, L.; KARROW, N.A. Nutritional impact of mycotoxins in food animal production and strategies for mitigation. **J. Anim. Sci. Biotech.** 13(69): 1-19. 2022. <https://doi.org/jxdn>.
- [70] YUSUF, T.M.; TIAMIYU, S.A.; ALIU, R.O. Financial analysis of poultry production in Kwara State, Nigeria. **Afr. J. Agric. Res.** 11(8): 718-723. 2016. <https://doi.org/jxdp>.
- [71] ZAIN, M.E. Impact of mycotoxins on humans and animals. **J. Saudi Chem. Soc.** 15(1): 129-144. 2011. <https://doi.org/dndfjm>.
- [72] ZINEDINE, A.; SORIANO, J.M.; MOLTÓ, J.C.; MAÑES, J. Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: An oestrogenic mycotoxin. **Food Chem. Toxicol.** 45(1): 1-18. 2007. <https://doi.org/fjz26g>.