

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

BIODISPONIBILIDAD DE LISINA DE DOS HARINAS DE
SUBPRODUCTOS AVICOLAS EN DIETAS PARA POLLOS EN
CRECIMIENTO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

MARÍA DE LOURDES ALARCÓN CRUZ

ASESORES: MC. ARTURO CORTÉS CUEVAS

MSc. ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ

México, D.F

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

DEDICATORIA

A mis padres Graciela y Margarito. En especial a ella por darme su apoyo cuando más lo necesite, por confiar en mí, por darme todo, te lo agradezco infinitamente, gracias a ti soy lo que soy.

A mis hermanos Angélica, Javier, Salvador y Sandra, porque me apoyaron en este proyecto y me alegra saber que a pesar de todo seguimos juntos. A mis cuñados: Teresa, Mary y Juan por ser parte de nuestra familia y crecer con nosotros.

A mis sobrinos: Valdo, Ariel, Nane, Ximena, Edith y Andrea. Para que este trabajo sea una motivación y sepan que todo lo que se propongan en la vida lo pueden lograr con trabajo y constancia. Los quiero mucho mis niños.

A mi primo Diego por que creíste en mi y siempre me diste ánimos, gracias, yo se que tu también lo lograras.

A mi angelito que se fue pero siempre, siempre estará presente en mi vida. Y será mi motivo para salir adelante.

A mis grandes amigos que me dio la facultad, Fabiola, Irtzio, Mauricio, Javier, Adelfo, Puños.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México que por medio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia me formo como un mejor ser humano y profesionalista.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv) por ayudarme a realizar este trabajo.

Al Dr. Ernesto Ávila González por compartir su gran experiencia conmigo y por tener siempre un espacio para todo el que lo necesite.

Al Dr. Arturo Cortés Cuevas por darme su apoyo, amistad y tiempo para terminar este gran proyecto.

Al Dr. Benjamín Fuente por su gran ayuda y amistad, gracias porque siempre tubo tiempo para escucharme.

Al personal académico del CEIEPAv. Drs. Elizabeth, Ezequiel, Tomas y Jaime por ayudarme en su momento y ser pieza fundamental de esta granja.

A mis compañeros del CEIEPAv, Alfredo, Gerardo, Isaías, Miguel gracias por brindarme su amistad y hacer de mi estancia en este centro, un experiencia inolvidable y maravillosa.

A mis compañeros de trabajo Arturo y Lorena por apoyarme y darme la facilidad de terminar este gran proyecto.

CONTENIDO

Página

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	19
HIPÓTESIS.....	20
OBJETIVOS.....	20
MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
RESULTADOS.....	24
DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIONES.....	27
REFERENCIAS.....	28
CUADROS.....	33
FIGURAS.....	39
ANEXO 1.....	40

RESUMEN

ALARCÓN CRUZ MARÍA DE LOURDES Biodisponibilidad de lisina de dos harinas de subproductos avícolas en dietas para pollos en crecimiento. (Bajo la dirección de MC Arturo Cortes Cuevas y MSc. Ernesto Ávila González)

El presente estudio, se realizó con el objetivo de conocer la calidad nutritiva de dos harinas de subproductos avícolas (HSA) producidas en México. Se emplearon 168 pollitos de la estirpe Ross x Ross 308 de 1 a 21 días de edad; los cuales se distribuyeron completamente al azar en 7 tratamientos con 3 repeticiones de 8 pollos cada uno (mitad machos y mitad hembras), alojados en pisos de jaulas en batería con temperatura controlada por termostato. Los tratamientos o dietas experimentales fueron de la siguiente manera: 1.-Dieta basal (solamente deficiente en lisina), 2.-Dieta basal + 0.05% de L-lisina, 3.-Dieta basal + 0.10% de L-lisina, 4.-Dieta basal + 0.05% de lisina a partir de HSA de Culiacán, 5.-Dieta basal + 0.10% de lisina a partir de HSA de Culiacán, 6.-Dieta basal + 0.05% de lisina a partir de HSA de Tecamachalco y 7.-Dieta basal + 0.10% de lisina a partir de HSA de Tecamachalco. Las dietas experimentales consistieron en la suplementación de L-lisina HCl o las HSA de Culiacán y Tecamachalco, como fuente de lisina (a expensas del azúcar) previo análisis de proteína y aminoácidos, a una dieta basal sorgo+pasta de soya+pasta de ajonjolí deficiente en lisina. La biodisponibilidad de lisina fue estimada por la técnica de comparación de pendientes y regresión lineal múltiple, utilizando los datos de crecimiento de los pollitos, con el consumo de lisina sintética (curva estándar) y la comparación con los del consumo de lisina de las dos HSA. Los resultados en 21 días de experimentación mostraron, que la ganancia de peso y eficiencia alimenticia mejoraron ($P < 0.05$) con la suplementación de lisina sintética y con las HSA Culiacán y HSA Tecamachalco como fuente de lisina de manera equivalente. La ecuación de regresión fue: $Y = 265.074 + 0.04288 X_1 + 0.0417 X_2 + 0.04085 X_3$, en donde X_1 correspondió a la complementación de L-lisina, X_2 a la HSA de Culiacán y X_3 a la HSA de Tecamachalco. Al comparar las pendientes del crecimiento de la HSA de Culiacán y la HSA de Tecamachalco, con la de la L-lisina considerada como 100%, se obtuvieron biodisponibilidades de lisina de la HSA de Culiacán de 97.2% y 95.2% para la de Tecamachalco. En base a los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir que la calidad proteica de las HSA Culiacán y Tecamachalco evaluadas, resultaron ser de buena calidad y tuvieron una biodisponibilidad un poco menor a la obtenida con L-lisina HCl.

INTRODUCCIÓN

La industria avícola mexicana, ha logrado consolidarse a lo largo de los años como la actividad pecuaria más importante de México. Su crecimiento y desarrollo se fundamenta en la expansión de sistemas productivos; así como, el mejoramiento de diversas áreas tales como la genética, la nutrición, el equipamiento y la bioseguridad, con el fin de ser competitivos con otros países, además, de las exigencias del mercado con productos de alta calidad y bajo costo.¹

La importancia del sector avícola radica en el papel estratégico que desempeña en la alimentación de los mexicanos ya que 6 de cada 10 personas, es decir 60%, incluyen en su dieta productos avícolas como huevo, pollo y pavo, lo que evidencia la preferencia del consumidor por los alimentos avícolas.¹

Desde el año de 1997 el pollo es la carne más consumida por el mexicano, actualmente constituye casi el 50% del consumo de carnes del país; presentando un consumo per cápita de 25.97 kg; en el caso de huevo para plato, el consumo per capita es de 22 kg, estimado al cierre del 2007. Cabe destacar que la avicultura es la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal.¹

Debido a los avances en genética, el potencial avícola es elevado; pudiéndose obtener pollos de 2.5 kg en 6 semanas. Sin embargo, mientras mayor es la capacidad de producción de las aves, más dependientes se convierten estas de la calidad de los alimentos que reciben. En otras palabras, no existe la posibilidad de desarrollar todo el potencial genético si las aves no reciben todos los nutrientes necesarios.²

En una unidad de producción avícola de carne, el alimento representa del 60 al 70% de los costos. Esto indica que los alimentos, además de ser económicos, deben ser adecuados desde el punto de vista nutricional. Afortunadamente, existe bastante información tecnológica acerca de las necesidades de nutrientes de las aves, así como del contenido de nutrientes en las materias primas disponibles para la elaboración de alimentos balanceados.³

Muchos microorganismos, tienen necesidades muy simples de nutrientes si se les proporcionan elementos inorgánicos, agua, una fuente de nitrógeno y una fuente simple de energía, pueden sintetizar todos los compuestos químicos requeridos para el crecimiento y la reproducción. En cambio las necesidades de las aves son mucho más complejas; para que puedan vivir, crecer y reproducirse necesitan recibir en su dieta más de 40 compuestos específicos o elementos químicos.³

Las aves difieren de otros animales de granja en muchos aspectos que hacen que su nutrición sea más crítica y que su balance sea más fácilmente modificado que en el caso de los mamíferos.

El éxito de un alimento se refleja en la productividad del animal, por esta razón la enorme importancia que tiene el saber formular la dieta con la cantidad y calidad de los nutrientes que demanda el ave.⁴ Por lo anterior se debe comprender la importancia que tiene la nutrición en cualquier empresa pecuaria, ya que dependiendo de su aplicación obtendremos productos aptos para consumo humano.

Proteínas.

Los nutrientes requeridos se dividen en seis grupos, de acuerdo con su función y naturaleza química: a) carbohidratos, b) grasas, c) proteínas, d) vitaminas, e) minerales y f) agua. ³

Las proteínas son el principal constituyente de los órganos y estructuras blandas del cuerpo, el animal requiere de una provisión abundante y continua de ellas durante toda la vida para su crecimiento y desarrollo. ⁵

Poseen una gran cantidad de funciones en el organismo; son constituyentes de todos los tejidos, sangre, músculos, plumas y piel. Representan alrededor de la quinta parte del ave, y aproximadamente la séptima parte del peso del huevo. ⁴

Las proteínas desempeñan papeles cruciales en prácticamente todos los procesos biológicos. La importancia y alcance de sus funciones pueden comprenderse por los ejemplos que se citan. ^{6,7}

1.- Catálisis enzimática. Casi todas las reacciones químicas en los sistemas biológicos, están catalizadas por macromoléculas específicas denominadas enzimas. Todas las enzimas poseen un enorme poder catalítico. Las enzimas aumentan la velocidad de reacción al menos un millón de veces.

2.- Transporte y almacenamiento. Muchos iones y moléculas pequeñas son transportados por proteínas específicas. Por ejemplo, la hemoglobina transporta el oxígeno en los eritrocitos.

3.- Movimiento coordinado. Las proteínas son el componente principal del músculo. La contracción muscular, se lleva a cabo por movimiento deslizante de dos clases de filamentos proteicos; los de la pulsación del espermatozoide se realizan por medio de flagelos, que se producen por ensambles contráctiles de naturaleza proteica.

4.- Soporte mecánico. La enorme fuerza de tensión de la piel y el hueso se debe a la presencia del colágeno, una proteína fibrosa.

5.- Protección inmune. Los anticuerpos son proteínas altamente específicas que reconocen y se combinan con sustancia extrañas, tales como los virus, las bacterias y las células de otros organismos. Las proteínas, pues, juegan un papel vital al distinguir lo propio y lo ajeno.

6.- Generación y transmisión de los impulsos nerviosos. La respuesta de las células nerviosas a estímulos específicos depende de la presencia de receptores proteicos. Por ejemplo, la rodopsina es el receptor proteico en los bastones de la retina.

7.- Control del crecimiento y la diferenciación. El control secuencial de la expresión de la información genética, es imprescindible para el crecimiento y la diferenciación de las células. En las bacterias, las proteínas represoras son elementos importantes de control que silencian segmentos específicos del DNA de la célula. Un ejemplo de la manera completamente diferente de cómo actúan las proteínas es el factor de crecimiento del nervio, un complejo proteico que guía la formación de las complejas redes neurales en los organismos superiores.

Las proteínas presentan una gran diversidad en su composición química, propiedades físicas, tamaño, forma, solubilidad y funciones biológicas.⁸ Contienen carbono, hidrógeno, oxígeno, además de 16% de nitrógeno. La mayoría de las proteínas contienen también azufre, hierro y fósforo. Son polímeros de aminoácidos que varían en cuanto a cantidad y tipo entre proteínas.^{4,5}

Los aminoácidos se unen para formar las proteínas a través del grupo amino de un aminoácido y del grupo carboxilo del otro; a este tipo de unión se le llama unión peptídica o enlace peptídico. Los aminoácidos que así se unen se conocen como residuos de aminoácidos. La adición de varios cientos de aminoácidos por este enlace peptídico covalente forma un polipéptido de cadena larga, al que se le llama estructura primaria de la proteína. Los polipéptidos se ordenan posteriormente en estructura secundaria, terciaria y cuaternaria; esta última estructura es la proteína propiamente formada; y es la estructura más compleja y difícil de degradar.⁵

Metabolismo de proteínas.

La calidad biológica de una proteína depende de la cantidad y proporción relativa de los aminoácidos que la componen y de la digestibilidad de estos, es decir, de la eficiencia con que el animal pueda liberarlos y utilizarlos en los procesos de síntesis de sus proteínas orgánicas.⁹

Después de que los aminoácidos quedan libres en el intestino delgado (digestión), se lleva a cabo la absorción por medio del transporte activo, el cual lleva a los aminoácidos en contra de los gradientes de concentración.¹⁰

Los aminoácidos absorbidos del intestino se utilizan de forma primaria para la síntesis de proteína. El nitrógeno excedente de aminoácidos esenciales puede ser removido y usado para sintetizar aminoácidos no esenciales, en la síntesis de metabolitos (triptófano-serotonina) o emplearse para producir ácido úrico que se excreta en la orina. Si la mezcla de aminoácidos absorbidos es deficiente en un aminoácido esencial, la síntesis de proteína que ocurre es muy escasa.¹¹

Por otro lado, los esqueletos carbonados de los aminoácidos sirven como fuente de energía para el organismo y la conversión de intermediarios para la formación de glucosa y grasa.¹²

La lisina es degradada en el hígado del ave por las enzimas L-aminoácido oxidasa y cetoglutarato reductasa, para la formación de ácido pipercolico y sacaropina. Esta última es la ruta para la degradación de L-lisina; ambas rutas convierten las alfa-amino en Nitrógeno y CO₂.

La ruta principal en los procesos de degradación de la lisina en aves, es la vía de la Acetoacetyl CoA.¹³

Aminoácidos

Los aminoácidos son las unidades estructurales básicas de las proteínas. Un aminoácido está estructurado de forma química por un grupo carboxilo ácido (COOH), cuando menos un grupo básico amino (NH₂) y un grupo distintivo "R" o radical.⁵

Son 22 los aminoácidos que se encuentran con mayor frecuencia en la alimentación de las aves, los cuales son clasificados como: esenciales, semiesenciales y no esenciales^{3,5}, según se muestra en el Cuadro 1.

Los aminoácidos que no se sintetizan en los tejidos animales de la mayoría de las especies, en cantidades suficientes para llenar las necesidades metabólicas, se denominan esenciales o indispensables; por lo que deben de estar presentes en el alimento; los aminoácidos semiesenciales, pueden ser sintetizados a partir de algunos aminoácidos esenciales, mientras que aquellos que no se necesitan en la dieta debido a que tienen una síntesis tisular

apropiada, se denominan no esenciales o dispensables ⁸, sin embargo, todos los aminoácidos son esenciales a nivel metabólico. ¹³

Lisina

La lisina o ácido 2,6-diaminohexanioco Lys (K), pertenece al grupo de los aminoácidos con grupos R cargados positivamente (básicos) a un pH de 7, con 6 átomos de carbono ¹⁴, dos grupos amino; el que está ligado al átomo de carbono épsilon es fuertemente básico y solo puede perder sus protones a un pH marcadamente alcalino, por lo que la lisina es un aminoácido básico. ¹³

Como se vera en la Figura 1.

La lisina puede existir en las formas de estereoisómeros L o D, pero sólo la forma L está presente en las proteínas. ¹³ Los aminoácidos D se convierten en L mediante un proceso de dos pasos, que consiste en la oxidación del aminoácido D para producir su cetoácido alfa, seguido de su transaminación para obtener el aminoácido L. desafortunadamente, los animales no poseen la enzima D-aminoácido-oxidasa específica para la lisina y necesaria para llevar a cabo el primer paso, y por ende, la D-lisina no tiene actividad biológica.

Todos los productos comerciales contienen sólo L-lisina. ^{13,15}

Papel biológico de la lisina

La lisina es uno de los 10 aminoácidos esenciales más limitantes en dietas para aves. Los requerimientos para este aminoácido varían de acuerdo a la edad de los pollos, así como con el nivel de proteína aunque no es directamente proporcional a esta. ¹⁶ En el Cuadro 2, se muestran las necesidades de lisina señaladas por varios investigadores.

Este aminoácido es importante para el crecimiento y para mantener el equilibrio de nitrógeno, y al igual que la valina y leucina funcionan como unidades esenciales en la formación de las proteínas de los tejidos del organismo y de ahí su importancia en la producción de carne y en el mantenimiento de la integridad corporal. ¹⁶

Forma parte de la estructura de algunas proteínas como la elastina (proteína que forma parte de los cartílagos, dando la propiedad elástica de estos); las histonas, que son las proteínas básicas que junto con el ADN forman las fibras de la cromatina de las células somáticas. ¹⁶

La lisina tiene importantes funciones biológicas, ya que durante la digestión, la lisina ligada a las proteínas de los alimentos se libera en forma de lisina libre, siendo su principal función metabólica su utilización como aminoácido indispensable para la síntesis de proteínas, particularmente proteínas del músculo esquelético.

La lisina, es uno de los aminoácidos más abundantes en las proteínas musculares y es a la vez un importante constituyente de numerosas hormonas peptídicas. Es uno de los pocos aminoácidos que se clasifican como glucogénicos y cetogénicos, por lo que puede ser metabolizada para producir glucosa o bien cuerpos cetónicos, cuando existe deficiencia de carbohidratos disponibles; por lo que es una importante fuente de energía durante periodos de inanición.

La lisina es precursora de la carnitina, que es un compuesto de gran importancia para el metabolismo de los ácidos grasos y es también un constituyente esencial de una enzima asociada con las membranas de las mitocondrias. Dicha enzima, favorece la penetración de los ácidos grasos de

cadena larga a la membrana de las mitocondrias para su oxidación y la consecuente producción de energía. ^{14,17}

Antagonismo de la L-lisina con L-arginina

Uno de los antagonismos mejor conocidos entre los aminoácidos, es el que existe entre la lisina y la arginina, siendo particularmente importante en las aves. El exceso de lisina en la dieta puede ocasionar una elevación en la actividad de la arginasa renal aumentando así la degradación de la arginina. Si los niveles dietéticos de la arginina son marginales, el exceso de lisina puede ocasionar una disminución del crecimiento que puede contrarrestarse mediante la adición de arginina a la dieta. Consecuentemente, el contenido de lisina de la ración para aves jóvenes en crecimiento no debe de exceder en más de un 20% a los niveles de arginina. Esto no ocurre bajo condiciones prácticas. El exceso de arginina puede también antagonizar a la lisina, principalmente cuando los niveles de arginina y lisina son bajos; sin embargo, el efecto de la arginina sobre la lisina es inferior al que ocurre a la inversa. La toxicidad de la lisina es muy baja y aún niveles en la dieta hasta de 2.4% ejercen muy poca influencia adversa sobre el crecimiento de los pollos, si el nivel de arginina es adecuado. ^{14,17}

Interacciones treonina-lisina

Existe evidencia de que el requerimiento para un aminoácido puede estar proporcionalmente ligado al requerimiento de otro. Este parece ser el caso para la treonina y la lisina. La treonina no puede ser considerada ni revisada aisladamente de la lisina y, por supuesto, el requerimiento de treonina no

puede ser establecido hasta que el requerimiento de lisina no haya sido satisfecho. Sin embargo, la relación entre estos aminoácidos parece ir más allá de este punto, ya que se ha demostrado que niveles elevados de lisina dietaria incrementan la actividad de la treonina deshidratasa, lo cual resulta en una oxidación más rápida de treonina. ¹⁸

La metionina, lisina, treonina valina y arginina, son los únicos aminoácidos que desde el punto de vista práctico son potencialmente importantes para la producción de pollo. ¹⁹

Lisina como aminoácido de referencia

El concepto de proteína ideal usa a la lisina como aminoácido de referencia, expresándose los requerimientos de los otros aminoácidos esenciales como porcentaje de la lisina digestible. ⁴

La lisina se selecciono como el aminoácido de referencia por tres principales razones:

1. El análisis en el alimento, es simple y directo a diferencia de los aminoácidos azufrados.
2. Cuando es absorbido tiene una sola función en el cuerpo, formación de proteína.
3. Existe una gran información sobre las necesidades de lisina bajo una gran variedad de dietas a diferentes condiciones ambientales y composiciones del cuerpo. ⁴

Además la lisina se utiliza porque es el primer aminoácido limitante en la mayoría de las dietas para cerdos y el segundo en el caso de las aves, y

porque en la actualidad se encuentra disponible económicamente en forma cristalina.⁴

Déficit de aminoácidos

Al decrecer el nivel de proteína cruda en la dieta de los pollos de engorda, se mejora la utilización del nitrógeno, mejora la tolerancia de las aves a elevadas temperaturas ambientales y se disminuye la concentración de amoniaco en la cama. En las dietas con niveles bajos de proteína cruda, deben estar cubiertos los requerimientos de mantenimiento y formulación de tejidos de los aminoácidos para obtener un óptimo desarrollo.²⁰

La deficiencia de un solo aminoácido, impide que se lleve a cabo la síntesis de proteínas en la misma manera que la falta de un eslabón específico en una cadena, impide la elongación de ésta. Por lo tanto, las deficiencias de aminoácidos individuales favorecen la desaminación de los demás aminoácidos, la pérdida de amoniaco como urea y el consumo de la cadena de carbono para obtener energía. Las deficiencias de aminoácidos esenciales individuales producen lesiones específicas.⁸

Una deficiencia de lisina causa una falta de pigmentación en el plumaje, además de que causa un crecimiento retardado y una reducción de tiroxidasas en la pulpa de la pluma, lo cual causa un emplume anormal que tiene como características plumas curvadas y degeneradas. Los requerimientos para la formación de pigmentos son muy específicos, así como el requerimiento para crecimiento.¹⁶

Cuando los niveles de lisina están por debajo de los requerimientos del ave, toda la lisina del alimento absorbida que no es empleada para mantenimiento

o no es oxidada, se orienta a la formación de músculo esquelético; por lo que muchos nutricionistas en la industria de alimentos para aves formulan a niveles más altos de lisina que los recomendados por el NRC.²¹

Factores que afectan la digestibilidad de aminoácidos

En México existe información sobre el aporte de aminoácidos digestibles en las materias primas convencionales. Sin embargo a pesar de que se tiene esta información, existen factores que afectan la digestibilidad en las materias primas.¹⁷

I. Temperatura: Como parte del proceso de producción de pastas de oleaginosas y harinas de subproductos de origen animal, en algunos casos el objetivo es el de mejorar la calidad del alimento (destrucción de lectinas, factores antiproteasas); sin embargo, el calor excesivo puede producir deterioro en la calidad de las proteínas por la reacción de Maillard o caramelización.²³ En esta reacción, el grupo amino libre en posición épsilon frecuentemente el grupo épsilon-amino de la lisina, reacciona con el grupo aldehído de azúcares reductores (tales como la glucosa o lactosa) para producir un complejo aminoácido-azúcar; a consecuencia de esta combinación, la tripsina no puede desdoblar el enlace peptídico y la lisina no queda disponible para el animal. El análisis de los alimentos para detectar lisina muestra que se encuentra presente en cantidades normales. Como consecuencia es la biodisponibilidad y no la cantidad lo que origina el problema.⁵

II. Molido: Tiene como finalidad reducir el tamaño de la partícula, lo que produce un mejor mezclado y debido al aumento en la superficie de contacto,

se incrementa la susceptibilidad del alimento a la acción enzimática, mejorando la digestibilidad de la proteína y de los aminoácidos.²³

III. Extrusión: Consiste en someter a los efectos conjuntos de presión y temperatura a un alimento. Las modificaciones causadas por este tratamiento son profundas: inactiva casi en su totalidad a los factores antiproteasas, produce una gelatinización del almidón y desnaturaliza a la proteína, mejorando la digestibilidad.²³

Aminoácidos sintéticos

La suplementación con aminoácidos puede constituir un método eficaz para elevar la calidad biológica de las proteínas y disminuir la excreción de nitrógeno al medio ambiente.⁹ Además, no solo brindan la oportunidad de reducir el nivel de proteína cruda de la ración¹⁶, si no que también, permiten la utilización potencial de ingredientes alternativos para formular económicamente las dietas y satisfacer los requerimientos de aminoácidos.²⁰

En nuestro país se pueden obtener desde hace varios años a nivel comercial y en forma rentable para su uso en la industria de alimentos balanceados, las formas cristalinas de treonina, metionina y lisina, estos dos últimos son considerados como los principales aminoácidos limitantes en las dietas de aves y cerdos, a base de sorgo o maíz como fuentes de energía y la pasta de soya como fuente principal de proteína.²⁴

A nivel de América Latina la producción comercial de L-lisina HCl empleada en la industria de alimentos balanceados para animales llega a 130,000 toneladas anuales aproximadamente.²⁵

Los aminoácidos cristalinos, se digieren fácilmente (100%) y están completamente disponibles para su utilización por el ave.²⁶ Sin embargo, debido a las diferencias en la digestibilidad y la subsecuente absorción entre los aminoácidos libres y los ligados a proteína o a carbohidratos, un factor adicional que puede limitar el uso de aminoácidos cristalinos en las dietas para pollo de engorda, es la manera en que estos son utilizados.²⁰

Recientemente los problemas ecologistas estimulan el uso de aminoácidos cristalinos, debido a la contaminación de las aguas y suelo con nitrógeno, algunas leyes ecologistas obligan a los productores a reducir el uso de proteínas para disminuir la excreción de nitrógeno.¹⁶

L-lisina. HCl

La L-lisina se produce a través de métodos microbiológicos (*Brevibacterium flavum*), por fermentación directa a partir de una fuente de carbono (glucosa o melaza), para éstas son críticas las fuentes de energía y nitrógeno (NH_3 , urea y sales de amonio). La fermentación empieza a pequeña escala, agregando el inoculante al cultivo; después se permite que las bacterias se multipliquen varias veces (agitación 150rpm, aireación 0.6wm, Temperatura 28°C). Las bacterias secretan el aminoácido durante 60-70 horas antes de alcanzar el límite, posteriormente el inoculante es pasteurizado para matar a la bacteria, en tanto se cosecha y cristaliza el aminoácido.¹⁶

La oferta de lisina cristalina se inicio en los años setenta (como L-lisina HCL), su uso en la producción pecuaria se extiende principalmente en la nutrición de aves y cerdos.²⁷

Este aminoácido ha sido probado en diferentes dietas en las cuales a causa de que se utiliza alta proporción de granos o los ingredientes empleados son deficientes en este aminoácido, se ha encontrado que existe respuesta en la retención de nitrógeno así como en la ganancia de peso y en la eficiencia alimenticia.¹⁶

Harina de subproductos avícolas.

En la producción de pollo de engorda actual se obtienen, ganancias de peso y conversiones alimenticias cada vez mejores, con ciclos de producción más cortos obteniéndose pollos con un peso de 2.5 kg en 6 semanas, por lo que los nutriólogos han buscado alternativas en beneficios de la producción que se generan con el fin de usar sustitutos principalmente de origen animal.²⁸

Las aves no requieren proteína bruta en si mismo, sino aminoácidos, que son los elementos básicos para construir sus propias proteínas corporales.²¹

La importancia del uso de harinas de origen animal inicialmente es por su alto contenido en proteína, aminoácidos esenciales, energía, calcio y fósforo como se muestra en el Cuadro 3. Esto permite ahorrar espacio en la formulación al requerirse un menor uso de fosfatos, carbonato de calcio, harina de soya y grasa.²⁹

Existen diversos productos de origen animal que cumplen con estas características. Dentro de los cuales podemos mencionar a la harina de subproductos avícolas (HSA).³⁰

La harina de subproductos avícolas contiene alrededor de un 60-65% de proteína, entre 2950-3040 Kcal de energía metabolizable y entre 13 y 14 % de grasa.²⁹

Su importancia es considerable, debido al elevado volumen que se produce en la industria avícola. Tal importancia se centra en dos aspectos: 1) la necesidad de que las grandes instalaciones de sacrificio de aves puedan reducir los desperdicios de materia orgánica en los cursos de agua; 2) el aprovechamiento como alimento de un ingrediente producido en cantidades importantes en alimentos de mascotas y cerdos.³¹

La composición y calidad de esta harina ha variado también recientemente a causa de los cambios de la industria avícola y, probablemente, cambiará aún más a causa de que en los rastros se eviscera y se tiende a mayores decomisos y a eliminar patas, cabeza, cuello e incluso piel, todo ello por cambios en el tipo de canal utilizado, por el creciente desarrollo del despiece, por el nivel industrial más elevado de la instalación y por el perfeccionamiento de los procesos de elaboración³¹. Además, se sabe que las condiciones de procesado y el material empleado en su elaboración, afecta la calidad nutritiva de las fuentes de proteína de origen animal.²⁹

La harina de subproductos avícolas, es un ingrediente comúnmente empleado en la elaboración de alimentos para mascotas, por su alto contenido en grasa y a que tiene un perfil de composición de nutrientes similar a la de la harina de pescado, por su color ligero y palatabilidad.³²

Los principales beneficios de la suplementación son la alta concentración de aminoácidos esenciales, dentro de ellos la lisina.³¹

Método de crecimiento para medir la biodisponibilidad

El método clásico para medir la biodisponibilidad de un aminoácido, es el crecimiento por la técnica de la pendiente. Un solo aminoácido sintético o cristalino se suplementa a varios niveles a una dieta basal deficiente en ese aminoácido, que sirve como curva estándar. El ingrediente a probar, se adiciona en uno o más niveles a la dieta basal y el crecimiento de los pollitos que recibe el ingrediente a probar, se compara con el obtenido de los pollitos alimentados con el aminoácido cristalino.³³

Por lo tanto, ensayos de crecimiento en pollitos, son considerados, como un método estándar para determinar la disponibilidad de aminoácidos. La respuesta en crecimiento se presenta cuando un aminoácido es digerido, absorbido y utilizado para síntesis proteica. Una dieta basal, deficiente únicamente en el aminoácido de interés, es suplementada con niveles crecientes del aminoácido cristalino a probar y con niveles graduados del ingrediente para producir una respuesta en crecimiento por efecto del aminoácido limitante. La disponibilidad es calculada por comparación de la respuesta resultante del ingrediente con el aminoácido cristalino. Análisis de regresión son empleados para esta comparación.³³

JUSTIFICACIÓN

Con estos antecedentes, se planteó el presente estudio con la finalidad de evaluar en dos harinas de subproductos avícolas, la lisina aprovechable por el pollo de engorda empleando como estándar a la L-lisina cristalina grado alimenticio.

HIPÓTESIS

Las harinas de subproductos avícolas son fuentes eficientes de lisina disponible en pollos en crecimiento.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la disponibilidad de lisina en dos harinas de subproductos avícolas, en dietas para pollos de engorda en crecimiento.

Objetivos particulares

1. Medir la ganancia de peso en pollos de engorda alimentados con harinas de subproductos avícolas como fuente de lisina
2. Determinar el consumo de alimento y eficiencia alimenticia a pollos de engorda alimentados con harinas de subproductos avícolas como fuente de lisina
3. Calcular la biodisponibilidad de la lisina de los suplementos avícolas en relación a la L- lisina sintética

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización de la granja

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se localiza en la calle Salvador Díaz Mirón # 89, en la colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal a una altura de 2250 m.s.n.m. entre los paralelos 19°15' latitud oeste. Bajo condiciones de clima templado húmedo Cw, siendo Enero el mes más frío y Mayo el mes más caluroso, su temperatura promedio anual es de 16°C y con una precipitación pluvial anual media de 747 mm.³⁴

Experimento

Se utilizaron 168 pollos de un día de edad de la estirpe Ross x Ross 308 con un peso de 40gr. Las aves se distribuyeron en 21 lotes de 8 pollos cada una, (mitad machos y mitad hembras). Se usaron jaulas en batería eléctricas marca Petersime con temperatura controlada por termostato de oblea, las cuales se ubicaron dentro de una caseta con ventilación natural.

Los pollos se distribuyeron al azar en 7 tratamientos cada uno con 3 repeticiones como a continuación de describe:

1. Dieta basal
2. Dieta basal + 0.05% de L-lisina
3. Dieta basal + 0.10% de L-lisina
4. Dieta basal + 0.05% de lisina a partir de harina de subproductos avícolas (Culiacán)

5. Dieta basal + 0.10% de lisina a partir de harina de subproductos avícolas (Culiacán)
6. Dieta basal + 0.05% de lisina a partir de harina de subproductos avícolas (Tecamachalco)
7. Dieta basal + 0.10% de lisina a partir de harinas de subproductos avícolas (Tecamachalco)

Las dietas experimentales consistieron en la suplementación de L-lisina (HCl) o harinas de subproductos avícolas de dos diferentes fabricas como fuente de lisina a una dieta basal sorgo + pasta de soya + pasta de ajonjolí deficiente en lisina. El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso durante los 21 días de experimentación. En el Cuadro 4, se muestra la composición de la dieta basal. A expensas del azúcar de la dieta, se hicieron las suplementaciones de lisina y de las harinas de subproductos avícolas estudiadas.

Previo a la formulación de las dietas experimentales, se realizó un análisis de los ingredientes y de las harinas de subproductos avícolas. En el Cuadro 5, aparece el análisis de aminoácidos de las harinas estudiadas como fuente de lisina.

Se llevaron registros de ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia. Se pesaron los pollos semanalmente y se llevó el registro semanal de consumo de alimento, para medir el consumo de lisina. A los datos obtenidos se les hizo un análisis estadístico conforme al diseño experimental empleado.

Se vacunaron a los pollos a los 10 días de edad para la prevención de la enfermedad de Newcastle por vía ocular (una gota) y contra Newcastle e Influenza Aviar por vía subcutánea (0.5 ml).

Análisis estadístico

Los datos de las variables obtenidas al final del estudio fueron sometidos a un análisis de varianza. La comparación entre medias en caso de diferencia estadística, se realizó con la prueba de Tukey y se consideró una significancia del ($P < 0.05$)

La biodisponibilidad de lisina fue estimada por la técnica de comparación de pendientes y regresión lineal múltiple (programa spss 10.0 for Windows), utilizando los datos de crecimiento de los pollitos, consumo de lisina sintética (curva estándar) y la comparación con los del consumo de lisina de las harinas de subproductos avícolas procesados en Culiacán y Tecamachalco, utilizando el siguiente modelo estadístico.³⁵

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3$$

Y= variable respuesta

B₀= ordenada al origen

B₁= pendiente de L-lisina

B₂=pendiente de HSA Culiacán

B₃=pendiente de HSA Tecamachalco

X₁= complementación de L-lisina

X₂= complementación HSA Culiacán

X₃= complementación HSA Tecamachalco.

RESULTADOS

Los resultados en 21 días de experimentación mostraron, que la ganancia de peso y eficiencia alimenticia mejoraron ($P < 0.05$) con la suplementación de lisina sintética y con las HSA como fuente de lisina de manera equivalente como se muestra en el Cuadro 6.

No se encontró efecto en el consumo de alimento ($P > 0.05$), pero el consumo de lisina incrementó estadísticamente ($P < 0.05$) al aumentar el nivel de lisina en la dieta ya sea por lisina sintética o por las harinas de subproductos avícolas.

En el experimento, el crecimiento en relación al consumo de lisina sintética y consumo de lisina a través de las harinas de subproductos avícolas se explicó a través de la ecuación: $Y = 265.074 + 0.04288 X_1 + 0.0417 X_2 + 0.04085 X_3$; en donde X_1 correspondió a la suplementación de L-lisina, X_2 a la HSA Culiacán y X_3 a la HSA Tecamachalco. Al comparar las pendientes del crecimiento de la HSA Culiacán y la HSA Tecamachalco con la de la L-lisina considerada como 100%, se obtuvieron biodisponibilidades de la lisina de la HSA Culiacán de 97.2% y 95.2% para la HSA Tecamachalco, como aparece en la Figura 2.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de ganancia de peso y eficiencia alimenticia mejoraron con la suplementación de L-lisina aminoácido cristalino, ya que es una estrategia nutricional eficaz para elevar la calidad biológica de las proteínas.⁹ Además, no solo brinda la oportunidad de reducir el nivel de proteína cruda de la ración¹⁶, también permite la utilización potencial de ingredientes alternativos para formular económicamente las dietas y satisfacer los requerimientos de aminoácidos.²⁰ Este aminoácido cristalino se aprovecha completamente por el ave (100%).²⁶

De igual manera la suplementación de las harinas de subproductos avícolas Culiacán y Tecamachalco como fuente de lisina, mejoró el crecimiento y la eficiencia alimenticia de los pollos.

Estos subproductos avícolas contienen alrededor del 60-65% de proteína de muy buena calidad y alrededor de 2950-3040 Kcal/kg de energía metabolizable y 13 a 14 % de grasa.²⁹ Su utilización mejoró el comportamiento productivo del pollo; la biodisponibilidad de lisina (95% al 97%), obtenida en este estudio de 2 muestras de HSA a juzgar por la alta disponibilidad de la lisina indica que son una excelente fuente de proteína y aminoácidos. En estudios realizados con vacas Holstein a mediados de la curva de lactancia; la utilización de harina de subproductos avícolas, mejoró la digestibilidad aparente de los nutrientes.³⁶

La composición y calidad de esta harina varía dependiendo del tipo de piezas agregadas en la elaboración de estos subproductos avícolas. Algunos fabricantes incluyen patas, cabeza, cuello, vísceras e incluso piel³¹; además se sabe que las condiciones de procesamiento afectan la calidad nutritiva de las fuentes de proteína de origen animal.

Esta fuente concentrada de proteína, permite ahorrar espacio en la formulación al requerirse un menor uso de fosfato, carbonato de calcio, harina de soya y grasa, además de reducir los costos de alimento balanceado.³¹

Algunos autores (Cruz SE, Nieto LM y Ricque MD) realizaron estudios en camarones donde reemplazaron de 50% a 80% de la proteína de harina de pescado por la proteína de harina de subproductos avícolas, sin efectos negativos sobre el crecimiento, supervivencia y composición corporal reduciendo significativamente el costo del alimento por camarón.^{37, 38,39}

En estudios realizados en cerdos se obtuvo un resultado parecido, la harina de subproductos avícolas tiene un perfil de nutrientes y una digestibilidad similar a la de la harina de pescado, por lo que puede sustituirla totalmente en dietas de iniciación.⁴⁰

La importancia de estas harinas de subproductos avícolas es considerable, debido al volumen que se produce en la industria avícola en los rastros de aves, su industrialización reduce los desperdicios de materia orgánica y permite el aprovechamiento de un ingrediente de alta calidad para alimentos de mascotas, cerdos.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos de lisina biodisponible en este estudio con pollos en crecimiento, se puede concluir que la calidad proteica de las HSA mexicanas evaluadas resulta ser de muy buena calidad en comparación de L-lisina HCl y en general estas harinas de subproductos avícolas son excelente fuente proteica y aminoácidos para la formulación de alimentos balanceados.

REFERENCIAS

1. Unión Nacional de Avicultores. Monografía de indicadores económicos del sector avícola 2006. URL: <http://www.una.com.mx/content/avicultura/avi01.htm>
2. Fernández SR. Aminoácidos digestibles en la formulación de dietas para pollo de engorda. Memorias XII Ciclo de Conferencias Internacionales Sobre Avicultura, 1996 Junio 11; Guadalajara (Jalisco) México. México (D.F): Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal A.C, 1996.
3. Ávila GE. Alimentación de las aves. Ed. Trillas. 2ª ed. México D.F 1990
4. Cuca GM, Ávila GE, Pro MA. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma Chapingo. 8 ed. México 1996
5. Maynard AL, Loosli JK, Hintz FH y Warner GR. Nutrición animal. 7ed. Mc Graw-Hill. México D.F 1981
6. Karplus MY y Mc Cammom JA. The dynamics of proteins. Science Amer 1986: 254 (4):42-51
7. Goldberg ME. The second translation of the genetic message: protein folding and assembly. Trends Biochem. Sci 1985. 10:388-391.
8. Church DC, Pond WG, Pond KR. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de animales. Limusa Wiley. México D.F 2004.
- 9.- Aguilera. JF, Sanz Ma. R. y Molina E. Empleo de harinas de algodón y girasol en dietas para pollos. Suplementación con L-lisina y DL-metionina. Arch. De Zoot 1989. 38:1-9
- 10.- Mendoza TH. Evaluación de dietas formuladas en base a aminoácidos digestibles y totales para pollos de engorda en iniciación. (Tesis licenciatura) Universidad Autónoma Chapingo. 1996.

- 11.- Austic, RE, MC Nesheim. Producción avícola. Ed. El manual Moderno. México, D.F. 1994.
- 12.- Griminger P, Scanes CG. Protein metabolism. In: Sturke Editor. Avian Physiology 1986: 326-344.
- 13.- Lehninger AL, Nelson LD, Cox MM. Principles of Biochemistry, 4^a ed. W.H Freeman and Company New York. NY. 2005.
- 14.- Scott LM, Leeson S, Summers JD. Nutrition of the chicken. 4^a ed. ML Scott & Associates. Ithaca New York USA 2001.
- 15.- ADM. La lisina en la nutrición avícola y porcina 1992
- 16.- Callejas LA, León Marcos. Estimación de niveles óptimos biológicos y económicos de lisina en dietas para pollo de engorda. (Tesis de licenciatura) Chapingo México. Noviembre 1996.
- 17.- Parsons, MC. Lysine. ADM productos bioquímicos, p.p 6-9 1990
- 18.- Moore MK, Jackwood MW, Hilt DA. Identification of amino acids involved in serotype and neutralization specific epitope within the bronchitis virus. Arch virol 1997 (142): 2249-2256.
- 19.- Baker DH. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. Poultry Sci. 1994; 73:1441-1447.
- 20.- Kerr BJ. Revisión crítica de la investigación sobre dietas bajas en proteína y suplementadas con aminoácidos para pollos de engorda. Memorias del quinto ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos. México D.F Fermex México, 1993:35-51.
- 21.- Reyes SE. Diferentes niveles de lisina en dietas para pollo de engorda con dos programas de alimentación, su efecto sobre la uniformidad y rendimientos de la canal, con análisis econométrico para estimar los niveles óptimos

biológicos y económicos. (Tesis Doctorado) Universidad de Colima. México 2001.

22.- Machado RA, Penz AM. Digestibilidad de los aminoácidos. Universidad Federal de Río Grande del Sur. Facultad de Agronomía. Porto Alegre, Brasil. 1999.

23.- Mariscal LG. Digestibilidad ileal, una herramienta para formular a proteína ideal. Memorias del IX ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos; 1997 septiembre; México DF: Fermex, 1997:47-58.

24.- Ávila GE. Avances recientes sobre las necesidades de aminoácidos de los pollos de engorda. Cuarto ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos. México D.F Fermex México. 1992,13-19.

25.- Ajinomoto Biolatina. Disponible desde: www.ajinomoto.com

26.- Izquierdo OA, Parsons CM and Baker DH. Bioavailability of lysine in L-lysine-HCL J. Anim. Sci. 1988. 66:2590-2597.

27.- Cuaron IJA. Aminoácidos digestibles en la formulación de raciones para cerdos. En Memorias del seminario Internacional, Nutrición de no rumiantes. Colegio de Posgraduados, Montecillo, México 1996.

28.- Gómez UFJ. Evaluación de colistina como promotor de crecimiento para pollos de engorda. (Tesis de licenciatura) D.F México: Universidad Nacional Autónoma de México.1996.

29.- Zumbado AM. Uso de subproductos de origen animal en alimentos para aves: La experiencia de Costa Rica. Latin American Rendered Product Nutrition Conference. Cancún México julio 13-14 2000.

- 30.- Álvarez R. Utilización de los subproductos de mataderos avícolas en la alimentación de monogástricos. Ministerio de Educación Superior, La Habana Cuba. 2007
- 31.- Pontes PM, Castello LJ. Alimentación de las aves. Real escuela de Avicultura. Barcelona España 1995.
- 32.- Cortes CA, Martínez AC, Ávila GE Biodisponibilidad de lisina en dos pastas de soya con diferente actividad Ureásica en pollos de 1 a 21 días de edad. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola. FMVZ. UNAM. Memorias del XXXII ANECA; 2007, Abril 25-28; Acapulco (Guerrero) México. México. (D.F): Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas. 2007
- 33.- Parsons MC. Methods for determining amino acid bioavailability in poultry with. Emphasis on the ileal amino acid digestibility technique. Department of Animal Sciences University of Illinois. Primer seminario de actualización en el uso de aminoácidos cristalinos: Eficiencia energética. 2007 Junio Querétaro Qro. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal 2007.
- 34.- García M, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. México D.F. Talleres Offset Larios, 1988
- 35.- Montgomery DC. Diseño y análisis de experimentos. Grupo editorial Iberoamericana. México D.F. 1991
- 36.- Álvarez GJ. Inclusión de harinas de subproductos avícolas y la utilización digestiva en ganado lechero. Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara. Avances en la investigación científica en el CUCBA 2005.

- 37.- Cruz SE, Nieto LM, Ricque MD. Uso de harina de subproductos avícolas en alimentos para *L. Vannamei*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Programa Maricultura. México.2004
- 38.- National Renderers Association. Crecimiento y eficiencia alimenticia de *Litopenaeus vannamei* juveniles alimentados con dietas prácticas que contienen diferentes niveles de harina de subproductos avícolas. NRA 2008
- 39.- National Renderers Association. Efectos del reemplazo parcial de la harina de pescado con harina de carne y hueso o harina de subproductos avícolas sobre el desempeño del crecimiento del camarón blanco del pacífico. NRA. Octubre/Noviembre 2005
- 40.- National Renderers Association. Harina de carne y hueso y harina de subproductos avícolas en iniciadores de cerdos, la necesidad del destete temprano a los 21 días o antes. NRA. Mayo/junio 2007
- 41.- National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. Ed. National Academy Press, Washington, D.C.1984
- 42.- National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. Ed. National Academy Press, Washington, D.C. 1994
- 43.- Halpin, Kevin M. Requerimientos de lisina para un máximo rendimiento de carne de pechuga en pollo de engorda comercial. Cuarto ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos. FERMEX, México D.F 1992.
- 44.- Gallegos GG. Manual de Bioquímica. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México D.F 1996.

Cuadro 1. Clasificación de los aminoácidos.

Esenciales o indispensables (no sintetizados)	Semiesenciales ¹ (sintetizados de sustratos limitados)	No esenciales o dispensables (rápidamente sintetizados)
Arginina Lisina Histidina Leucina Isoleucina Valina Metionina Treonina Triptófano Fenilalanina	Tirosina Cistina Hidroxilisina	Alanina Acido aspártico Aspargina Acido glutámico Glutamina Hidroxiprolina Glicina ² Serina ² Prolina ³

1- La tirosina se sintetiza de la fenilalanina, cistina de metionina e hidroxilisina de lisina

2- En ciertas condiciones, la síntesis de glicina o serina puede ser no suficiente para un rápido crecimiento.

3- Cuando se utilizan dietas de aminoácidos cristalinos, la prolina puede ser necesaria para un rápido crecimiento.

Cuadro 2. Necesidades de lisina para pollo de engorda.

Estándares de lisina para pollo de engorda de diferentes edades, según las publicaciones de NRC ⁴¹, NRC ⁴², Cuca et al. ⁴ y de la Universidad de Maryland ¹

Fuente	tipo de dieta	Etapa	EM (Mcal/Kg)	PC (%)	Lis. (%)	Arg. (%)	Met+Cis (%)
NRC (1984)	-----	0-3 Sem.	3.2	23	1.20	1.44	0.93
		3-6 Sem.	3.2	20	1.00	1.20	0.72
		6-8 Sem.	3.2	18	0.85	1.00	0.60
NRC (1994)	-----	0-3 Sem.	3.2	23	1.10	1.25	0.90
		3-6 Sem.	3.2	20	1.00	1.10	0.72
		6-9 Sem.	3.2	18	0.85	1.00	0.60
Cuca et al (1996)	----- -	0-4 Sem.	2.9-3.0	21-23	1.25	1.40	0.88
		4-8 Sem.	3.0	18-20	1.00	1.16	0.71
Maryland ⁴³ Machos	-----	0-21 Días	3.2	---	1.18	---	0.87
		22-42 Días	3.2	---	1.02	---	0.81
		43-52 Días	3.2	---	0.77	---	0.67
Maryland ⁴³ Hembras	-----	0-21 Días	3.2	---	1.10	---	0.87
		22-42 Días	3.2	---	0.97	---	0.73
		43-52 Días	3.2	---	0.73	---	0.60

Cuadro 3. Composición nutricional de la harina de subproductos avícolas.³⁹

FRACCIÓN	%
Proteína	65.00
Grasa	13-14
Cenizas	12.05
Fibra	2.00
Humedad	4.50
Calcio	3.60
Fosforo disponible	1.80
Sal	1.70
Lisina	4.30
Metionina	1.30
Met+Cist	1.75
Treonina	2.79
Arginina	5.00
EM.	2950-3040 Kcal/kg

Cuadro 4. Composición de la dieta basal para pollos en crecimiento (0-21 días)

INGREDIENTES	Kg/ton
Sorgo	458.526
Pasta de soya	92.982
Pasta de ajonjolí	331.434
Aceite vegetal	48.803
Fosfato de calcio	18.626
Carbonato de calcio	11.259
Sal	4.114
Cloruro de colina 60%	1.000
Premezcla de vitaminas*	1.000
Premezcla de minerales**	0.500
DL-metionina	0.288
L-Treonina	0.560
Azúcar	30.52
Bacitracina de zinc	0.288
Antioxidante Etoxiquin	0.100
Total	1000
Nutrientes	Análisis de nutrientes
Energía metabolizable Kcal/Kg	3000
Proteína cruda %	22.00
Metionina %	0.479
Met+Cist %	0.900
Lisina %	0.700
Calcio %	1.000
Fósforo Disp. %	0.500
Sodio %	0.180

* Premezcla comercial, proporciona por kg. Vitamina A, 3 000 000 UI; Vitamina D₃, 750 000 UI; Vitamina E, 6 000 UI; Vitamina K₃, 1.0 g; Riboflavina, 4 g; B₁₂, 0.060 g; Piridoxina, 3.0 g; Pantotenato de calcio, 13.0 g; Niacina, 25 g; Biotina, 0.063 g; cloruro de colina, 250 g.

** Premezcla comercial, proporciona por kg. Selenio, 0.2 g; cobalto, 0.1 g; Yodo, 0.3 g; Cobre, 10 g; Zinc, 50 g; Hierro, 100 g; Manganeso, 100 g; Excipiente cbp, 1000 g

Cuadro 5. Perfil de proteína y aminoácidos de las dos harinas de subproductos avícolas. (%)

	Culiacán	Tecamachalco
PROTEÍNA CRUDA	67.12	63.05
LISINA	4.42	3.28
TREONINA	2.61	1.98
METIONINA	1.37	1.01
CISTINA	0.59	0.52
METIONINA+CISTINA	1.95	1.53
ARGININA	4.53	3.66
HISTIDINA	1.48	1.02
ISOLEUCINA	2.59	1.85
LEUCINA	4.86	3.57
FINILALANINA	2.52	1.93
TIROSINA	2.01	1.58
VALINA	3.11	2.32

Cuadro 6. Datos promedio de 1 a 21 días de edad en pollos de engorda alimentados con diferentes niveles de lisina sintética y lisina a través de harinas de subproductos avícolas.

Tratamiento	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimento (g)	Consumo de lisina (mg)	Eficiencia alimenticia
Dieta basal	618c	923	8033a	0.67abc
L-lisina HCl 0.05%	619c	940	8651a	0.66bc
L-lisina HCl 0.10%	676a	967	9383ab	0.70a
HSA Culiacán 0.05%	637abc	986	9071ab	0.64c
HSA Culiacán 0.10%	664ab	973	9438ab	0.68ab
HSA Tecama 0.05%	613c	921	8470ab	0.66bc
HSA Tecama 0.10%	633bc	937	9088b	0.67abc
EEM	13.71	252.2	26.97	0.01

*valores con distinta letra son diferentes ($p < 0.05$)

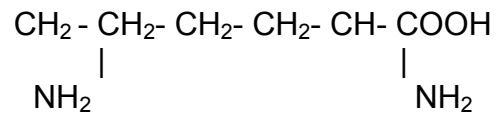
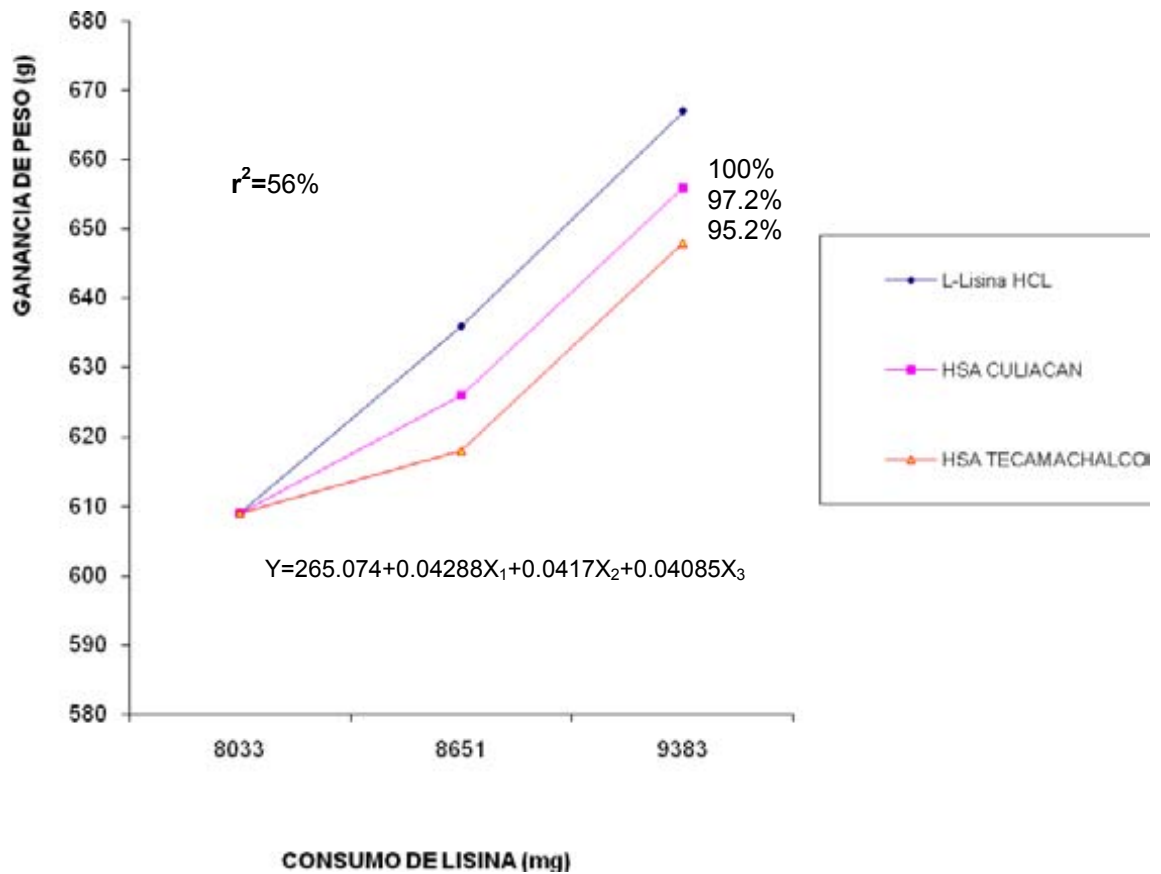
Figura 1. Fórmula química de la L- lisina ⁴⁴

FIGURA 2. Porcentaje de biodisponibilidad de lisina de las dos harinas de subproductos avícolas respecto a la L-lisina HCL.



ANEXO 1

Análisis de varianza.

Ganancia de peso g					
FV	GL	SC	CM	F	P F
Tratamientos	6	10404.00	1734.00	3.0741	0.039
Error	14	7897.00	564.071		
Total	20	18301.00			
C.V	3.73%				

Consumo de lisina mg					
FV	GL	SC	CM	F	P F
Tratamientos	6	4746880.00	791146.68	4.1454	0.013
Error	14	2671872.00	190848.00		
Total	20	7418752.00			
C.V	4.92%				

Eficiencia alimenticia					
FV	GL	SC	CM	F	P F
Tratamientos	6	0.0062	0.0010	10.4159	0.000
Error	14	0.0014	0.000100		
Total	20	0.0076			
C.V	1.496%				

Consumo de alimento g					
FV	GL	SC	CM	F	P F
Tratamientos	6	11876.00	1979.33	0.9066	0.518
Error	14	30566.00	2183.28		
Total	20	42442.00			
C.V	4.92%				