

Digestibilidad y energía digestible y metabolizable del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*)

Digestibility and digestible and metabolizable energy of corn gluten, hominy feed and wheat by-product in guinea pigs (*Cavia porcellus*)

Víctor Hidalgo L.¹, Henry Valerio C.¹

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la digestibilidad de la materia seca y la energía digestible y metabolizable del subproducto de trigo, germen de maíz y hominy feed mediante el ensayo de digestibilidad *in vivo* en cuyes, utilizando la técnica de colección total de heces y orina. Se utilizaron 15 cuyes machos jóvenes mejorados distribuidos en tres tratamientos y alimentados con tres dietas: a) Dieta basal (100% de subproducto de trigo, vitamina C protegida y agua), b) Mezcla I (70% de germen de maíz y 30% de dieta basal) y Mezcla II (70% de hominy feed y 30% de dieta basal). Se determinaron los valores nutricionales de las dietas. La digestibilidad del germen de maíz, hominy feed y subproducto de trigo fue de 79.0, 81.2 y 65.3%, respectivamente, la energía digestible fue de 4189, 4372 y 2801 kcal/kg de materia seca, respectivamente y de energía metabolizable fue de 3910, 4351 y 2705 kcal/kg de materia seca, respectivamente.

Palabras clave: cuy, energía digestible, energía metabolizable, dieta basal, insumos

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the digestibility of dry matter and the digestible and metabolizable energy of the wheat by-product, corn germ and hominy feed by the *in vivo* digestibility test in guinea pigs, using the technique of total faeces and urine collection. Genetically improved young male guinea pigs (n=15) were distributed in three groups and fed with three diets: a) Basal diet (100% wheat by-product, protected vitamin C and water), b) Mixture I (70% corn germ and 30% basal diet) and Mixture II (70% hominy feed

¹ Facultad de Zootecnia, Universidad nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

² E-mail: vhidalgo@lamolina.edu.pe

Recibido: 9 de febrero de 2019

Aceptado para publicación: 3 de marzo de 2020

Publicado: 22 de junio de 2020

and 30% basal diet). The nutritional values of the diets were determined. The digestibility of corn germ, hominy feed and wheat by-product were 79.0, 81.2 and 65.3%, respectively, digestible energy was 4189, 4372 and 2801 kcal/kg of dry matter, respectively, and metabolizable energy was 3910, 4351 and 2705 kcal/kg of dry matter, respectively.

Key words: guinea pig, digestible energy, metabolizable energy, basal diet, ingredients

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la formulación de alimento balanceado para cuyes se basa en energía digestible (ED); sin embargo, el *National Research Council* (NRC, 1995) recomienda el requerimiento energético en base a energía metabolizable (EM), sugiriendo utilizar 3.0 Mcal EM/kg de dieta como mínimo. En los últimos años se realizaron varios trabajos de investigación en el Perú para determinar la ED y EM de insumos y subproductos agroindustriales en cuyes. Al respecto, Farro (2012) reportó valores en cuyes de ED del polvillo de arroz de 2.53 Mcal/kg materia seca (MS), con una digestibilidad de la MS de 51.8%. En otro estudio, Calcina (2015) determinó el coeficiente de digestibilidad de la MS y materia orgánica de residuos de quinua «jipi» (*Chenopodium quinoa*) en cuyes, reportando valores de 81.4 y 81.6%, respectivamente, y ED de 2.81 Mcal/kg de MS.

Según Farro (2012), los coeficientes de digestibilidad de los insumos varían por muchos factores, siendo que aquellos que contienen alto porcentaje de almidones, azúcares o proteínas y que son fácilmente atacados por las enzimas digestivas, son alimentos muy digestibles. Al respecto, en un estudio con cuyes, Calcina (2015), reportó valores de digestibilidad de 81.4% de la MS de residuos de quinua. Para McDonald *et al.* (2011), la digestibilidad y el contenido de energía varía de acuerdo a su composición química, composición de los alimentos y al tipo de pro-

cesamiento al cual han sido sometidos. En cuanto a ED, Farros (2002) reportó valores de ED de 1.79 y 1.25 kcal/kg MS para la cascarilla de cacao y harina de pituca (*Colocacia esculenta*) en cuyes, respectivamente y valores de EM de estos insumos de 1.77 y 1.13 kcal/kg MS, respectivamente.

El objetivo de la presente investigación fue determinar la digestibilidad de la MS, la ED y la EM del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo, mediante ensayo de digestibilidad *in vivo* en cuyes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y Animales

El experimento se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Biológica (Bioterio) del Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, con una duración de 50 días (incluyendo 29 días de análisis químico y determinación de energía bruta de las muestras). Se utilizaron 15 cuyes machos mejorados procedentes de la Granja de Cuyes de Cieneguilla del Programa de Investigación y Proyección Social en Animales Menores de la UNALM, de tres meses de edad y con un peso promedio de 909 g. Los cuyes fueron ubicados en jaulas metabólicas individuales, con un área de 0.286 m² (56x51x34 cm), acondicionado para la colección de heces y de orina por separado.

Cuadro 1. Análisis químico proximal de los insumos evaluados (como porcentaje de la materia seca)

| Componentes | Subproducto de trigo ¹ | | Gluten de maíz | | Hominy feed ² | |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------|-----------|--------------------------|-----------|
| | Base fresca | Base seca | Base fresca | Base seca | Base fresca | Base seca |
| Materia seca | 88.88 | 100.00 | 89.18 | 100.00 | 89.66 | 100.00 |
| Extracto etéreo | 3.62 | 4.07 | 1.82 | 2.04 | 11.21 | 12.50 |
| Proteína bruta | 14.93 | 16.80 | 33.10 | 37.11 | 9.81 | 10.95 |
| Ceniza | 4.75 | 5.34 | 6.62 | 7.42 | 3.08 | 3.44 |
| Fibra cruda | 9.29 | 10.45 | 5.31 | 5.95 | 2.87 | 3.20 |
| Extracto libre de nitrógeno | 56.29 | 63.34 | 42.34 | 47.48 | 62.69 | 69.92 |

Fuente: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) – UNALM

¹ Derivado que se obtiene después de refinar el grano de trigo. También es denominado “afrecho de trigo”

² Mezcla de cáscara, germen y una parte de endospermo del grano seco de maíz, que se obtiene con la molienda de este grano para la producción de “gritiz” para la industria cervecera

Tratamientos

Se trabajó con el subproducto de trigo, procedente de la empresa Molitalia S.A., así como con gluten de maíz y hominy feed (Derivados del Maíz S.A.). Los tratamientos fueron: a) Dieta basal (100% de subproducto de trigo + vitamina C protegida + agua dieta), b) Mezcla con 30% de dieta basal + 70% gluten de maíz, y c) Mezcla con 30% de dieta basal + 70% hominy feed. A cada dieta se le incluyó 200 mg de vitamina C protegida (Rovimix Stay C® al 35%) por cada kilogramo de alimento. Los resultados del análisis químico proximal de los ingredientes se muestran en el Cuadro 1.

En los primeros 15 días de la fase experimental se preparó y desinfectó las jaulas, se acostumbró a los animales a la nueva dieta y a las nuevas condiciones de manejo. Al término de esta fase, el consumo de alimento fue uniforme. En los seis días siguientes se midió el consumo de alimento y diariamente se recolectaron las heces y la orina. Las muestras se guardaron en refrigeración para su posterior análisis químico proximal y calorimétrico, utilizando las normas establecidas por la AOAC (1990). Asimismo, se tomaron 900 g de muestras de los insumos alimenticios en estudio y de las dietas al inicio de la etapa experimental para el análisis químico proximal y determinación de energía

bruta (bomba calorimétrica de oxígeno) en el Laboratorio de Análisis y Evaluación Nutricional del Departamento Académico de Nutrición, UNALM.

Consumo de Alimento

El consumo de alimento (expresado en MS) diario se determinó mediante el alimento ofrecido menos el alimento residual. Los animales fueron pesados al inicio y al final del periodo experimental y se calculó el cambio del peso vivo (PV) porcentual durante el estudio mediante la fórmula siguiente: Cambio de PV = $((\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Peso final}) * 100$.

Coefficiente de Digestibilidad de la Materia Seca

Para determinar el Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) de las mezclas y del subproducto de trigo se utilizó el método directo, según la fórmula descrita por Crampton y Harris (1974): $\text{CDA} (\%) = ((\text{Nutriente ingerido (g)} - \text{Nutriente en heces (g)}) / (\text{Nutriente ingerido (g)})) * 100$.

Para determinar los CDA del gluten de maíz y de hominy feed se utilizó el método indirecto mediante la colección total de heces. Para esto, se consideró el coeficiente de digestibilidad del subproducto de trigo como dieta basal (B) y de las mezclas (M) (Crampton y Harris, 1974): $\text{CD} (\%) = (100 (M-B)) / (S + B)$, donde CD = Coeficiente de digestibilidad del alimento en estudio (gluten de maíz y hominy feed), M = Coeficiente de digestibilidad de las mezclas, B = Coeficiente de digestibilidad del alimento basal (subproducto de trigo), y S = Porcentaje de sustitución del alimento en estudio dentro de la mezcla (70% de gluten de maíz y 70% de hominy feed).

Cálculo de la Energía Digestible

La ED se calculó utilizando la energía bruta del alimento y de las heces, según la fórmula descrita por Crampton y Harris

(1974), utilizando los valores en base seca: $\text{ED (kcal/kg)} = \text{EB} - (\text{EH} * (\text{Qh}/\text{Ia}))$, donde ED = Energía digestible, EB = Energía bruta del alimento, EH = Energía bruta de las heces, Qh = Cantidad de heces por día, Ia = Cantidad de alimento ingerido por día.

Cálculo de Energía Metabolizable

Para determinar la energía metabolizable (kcal/kg de alimento) en base seca se utilizaron los datos de la energía bruta del alimento, de las heces y de la orina. Para el alimento y las heces se determinó la energía bruta mediante combustión en una bomba calorimétrica adiabática de Oxígeno Parr. La energía de la orina se calculó a partir de su contenido de nitrógeno, determinado por el método Semi Micro Kjeldahl (AOAC, 1990); asumiendo 30 KJ/g de nitrógeno como pérdida de energía urinaria en conejos, según Jentsch *et al.* (1963). Asimismo, se empleó el valor equivalente de 4.184 KJ que equivale a 1 kcal, según Shimada (2015). El cálculo se realizó utilizando la fórmula $\text{EM (kcal/kg)} = \text{ED} - \text{EO}$, donde EM = Energía metabolizable del alimento (kcal/kg), ED = Energía digestible (kcal/kg), EO = Energía de la orina (kcal/kg).

Además, se determinó la metabolicidad del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo, utilizando la siguiente fórmula: $\text{Metabolicidad} = \text{EM}/\text{EB}$, donde EB = Energía bruta del alimento (kcal/kg).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Coefficientes de Digestibilidad de la Materia Seca

El CDA de la MS del gluten de maíz fue de 79.0% (Cuadro 2), valor muy superior al del polvillo de arroz (51.8%) y al de la harina de pituca (34.4%) reportados por Farro (2012). La buena digestibilidad de la MS del gluten de maíz podría deberse a su alto contenido de proteína; así mismo, se conoce que en el proceso de producción, la pared celular

Cuadro 2. Valores de coeficiente de digestibilidad promedio del gluten de maíz hominy feed y subproducto de trigo en cuyes

| Ingredientes | Coeficiente de digestibilidad (materia seca) (%) | Coeficiente de variabilidad (%) |
|----------------------|--|---------------------------------|
| Gluten de maíz | 79.0 | 2.81 |
| Hominy feed | 81.2 | 3.35 |
| Subproducto de trigo | 65.3 | 3.39 |

se disocia y libera la proteína, quedando disponible para la digestión (Morrison, 1991). Por otro lado, las variaciones de la digestibilidad dependen de la composición química de los alimentos, en especial del contenido de carbohidratos solubles y de proteínas (Farro, 2012).

El CDA de la MS del hominy feed fue de 81.2%, valor similar al 82.5% de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) precocido peletizado (Durand, 2010), pero bastante superior a la digestibilidad de la proteína (61.3%), de la fibra cruda (72.5%) y del extracto etéreo (65.9%) de la semilla de achiote (*Bixa orellana*) despigmentado seco obtenido por Huarco (2012). Esta alta digestibilidad podría deberse al alto contenido de carbohidratos solubles (69.9%) de fácil digestión y al bajo contenido de fibra (3.2%) que permite al cuy tener una buena digestión enzimática y fermentativa. En este sentido, McDonald *et al.* (2011) mencionan que la digestibilidad de los alimentos guarda estrecha relación con la composición química (carbohidratos solubles y fibra, principalmente).

El CDA de la MS del subproducto de trigo fue de 65.3%, valor superior al 51.8% del polvillo de arroz reportado por Farro

(2012), pero inferior al 81.4% del residuo de quinua reportado por Calcina (2015).

Por otro lado, el moderado contenido de fibra del subproducto de trigo (10.45%) podría deberse al periodo de maduración o a un deficiente proceso de secado del grano, que permite que las estructuras celulares se lignifiquen y el resto de los nutrientes pierda su calidad nutricional (por ejemplo, las vitaminas, proteínas y carbohidratos), ya que su exposición al sol puede producir cambios en las estructuras celulares haciéndolo menos digerible. Al respecto, Shimada (2015) menciona, que en general la digestibilidad de los granos de cereales y otras fuentes de azúcares y almidones es alta para todas las especies de animales de granja. En cuanto al nivel de fibra, varía en sentido inverso al contenido de almidón; por lo tanto, cuanto más eficiente es la extracción de la harina de trigo, menor es la digestibilidad del subproducto de trigo. En este sentido, la digestibilidad de la fracción fibrosa dependería del grado de maduración y de la lignificación de la pared celular (Guerrero, 2017). Las diferencias en digestibilidad de la MS también podrían deberse a la mayor capacidad fermentativa del tracto digestivo del cuy (66%) a nivel del ciego y colon (McDonald *et al.*, 2011).

Energía Digestible y Metabolizable

La ED del gluten de maíz fue de 4189 kcal/kg MS (Cuadro 3), superior al valor de 2531 kcal/kg MS del polvillo de arroz reportado por Farro (2012) y al valor de 2810 kcal/kg reportado para el residuo de quinua (Calcina, 2015). La alta digestibilidad de la energía del gluten de maíz puede deberse al bajo nivel de fibra detergente neutra, hemicelulosa y alto en carbohidratos no lignificados o solubles que son altamente digestibles, así como a la alta digestibilidad de las proteínas, grasas y extracto libre de nitrógeno. Sin embargo, para Shimada (2015), la composición química del alimento es solamente indicativa de su contenido de nutrientes, mas no de la disponibilidad para el animal, por lo que es necesari-

Cuadro 3. Valores de energía digestible y metabolizable (kcal/kg MS) del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes

| Ingrediente | Energía digestible (kcal/kg MS) | Coefficiente de variabilidad (%) | Energía metabolizable (kcal/kg MS) | Coefficiente de variabilidad (%) | Metabolicidad (EM/EB ¹) (%) |
|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|
| Gluten de maíz | 4189 | 4.30 | 3910 | 4.61 | 85.31 |
| Hominy feed | 4372 | 4.11 | 4351 | 4.20 | 90.18 |
| Subproducto de trigo | 2801 | 6.00 | 2705 | 0.51 | 61.07 |

¹ Energía bruta (kcal/kg MS) del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo: 4583, 4825 y 4429, respectivamente

rio conocer el valor de digestibilidad. Por otro lado, la energía metabolizable (3910 kcal/kg MS) obtenida fue superior al valor de 3394 kcal/kg MS de la cebada en cerdos, reportado por McDonald *et al.* (2011).

La energía digestible del hominy feed y del subproducto de trigo (Cuadro 3) fue superior a los valores de 3657 y 3179 kcal/kg MS, reportados por McDonald *et al.* (2011) para el trigo y la cebada en aves, respectivamente. Por otro lado, inferior a la torta de sachá inchi (4717 Mcal ED/kg de MS) encontrado por Durand (2010), pues el alto contenido de ED se debería en parte al alto contenido de aceite de la torta.

El hominy feed aporta mayor cantidad de energía metabolizable que el gluten de maíz y, este a su vez, al subproducto de trigo (Cuadro 3), posiblemente debido al alto contenido de carbohidratos solubles como el almidón, y a la grasa cruda (Cuadro 1). Así mismo, el menor aporte de energía metabolizable del subproducto de trigo se debería al menor contenido de grasa cruda y mayor contenido de fibra cruda, como manifiesta Farro (2012), refiriéndose a la baja energía metabolizable de la cascarilla de cacao.

Metabolicidad (EM/EB)

La metabolicidad de los insumos en estudio se presenta en el Cuadro 3. La mayor metabolicidad en el hominy feed indica un mayor porcentaje de carbohidratos solubles (69.9%) y bajo nivel de fibra. No obstante, se debe considerar que el tipo de procesamiento de los alimentos (molienda, rolado y hojuela) hacen variar la composición de nutrientes, así como el consumo y la digestión por los animales (Shimada, 2015).

CONCLUSIONES

Para el caso del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo:

- Los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca fueron 79.0, 81.2 y 65.3%, respectivamente.
- Los valores de energía digestible fueron de 4189, 4372 y 2801 kcal/kg MS, respectivamente.
- Los valores de energía metabolizable fueron de 3910, 4351 y 2705 kcal/kg MS, respectivamente.

Agradecimientos

A la Granja de Cuyes de Cieneguilla de la Universidad Nacional Agraria La Molina por facilitar los cuyes y los ingredientes. Al Departamento Académico de Nutrición por las facilidades brindadas en el Laboratorio de Evaluación Biológica (Bioterio).

LITERATURA CITADA

1. [AOAC] *Association of Official Analytical Chemists*. 1990. Official methods for analysis of the AOAC. 15th ed. Arlington, Virginia, USA: AOAC. 771 p.
2. **Calcina CG**. 2015. Digestibilidad y valor energético de residuos de quinua «jipi» en cuyes. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Puno, Perú. Univ. Nacional del Altiplano. 76 p.
3. **Crampton E, Harris L**. 1974. Nutrición animal aplicada. 2^o ed. Zaragoza, España: Acribia. 756 p.
4. **Durand CL**. 2010. Digestibilidad de los nutrientes y energía metabolizable de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) precocido peletizado y precocido extruido en cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Tingo María, Perú: Univ. Nacional Agraria de la Selva. 57 p.
5. **Farro GE**. 2012. Digestibilidad aparente, energía digestible y metabolizable de cascarilla de cacao, polvillo de arroz y harina de pituca (*Colocacia esculenta*) en cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Tingo María, Perú: Univ. Nacional Agraria de la Selva. 65 p.
6. **Guerrero TG**. 2017. Determinación de la digestibilidad y energía digestible de la paprika de descarte (*Capsicum annum*). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 83 p.
7. **Huarco YD**. 2012. Determinación de la digestibilidad aparente de la semilla despigmentada de achiote (*Bixa orellana*) en el cuy (*Cavia porcellus*) INIA-EEA ANTA. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Cusco, Perú: Univ. Nacional San Antonio Abad del Cusco. 107 p.
8. **Jentsch W, Schiemann L, Hofmann L, Nehring K**. 1963. Die energetische verwertung der futterstoffe. 2. Die energetische verwertung der kraftfutterstoffe durchkaninchen. Arch. Tierernahr 13: 133-145.
9. **McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA, Wilkinson RG**. 2011. Nutrición animal. 7^o ed. Zaragoza, España: Acribia. 653 p.
10. **Morrison FB**. 1991. Compendio de alimentación del ganado. 2^o ed. México: Uteha. 721 p.
11. [NRC] *National Research Council*. 1995. Nutrient requirements of laboratory animals. 4th revised ed. Washington DC: National Academy Press. 187 p.
12. **Shimada A**. 2015. Nutrición animal. México. Ed Trillas. 544 p.