

Original

Efectos del canola procesamiento en intestino, sangre y los riñones de gallinas reproductoras de engorde

Shahabodin Gharahveysi^{1*}  Ph.D; Mohammad Ali Jafari¹  Ph.D.

¹Universidad Islámica de Azad, Departamento de Ciencia Animal, Rama Qaemshahr, Tabarsi Road, Qaemshahr, Mazandaran, Irán.

*Correspondencia: S.gharavysi@Qaemiau.ac.ir

Recibido: Diciembre 2019; Aceptado: Noviembre 2020; Publicado: Diciembre 2020.

RESUMEN

Objetivo. La harina de canola es una de las proteínas vegetales más importantes que contiene factores antinutricionales. El objetivo del estudio fue estudiar el efecto del procesamiento de la canola en los rasgos intestinales, los metabolitos sanguíneos y las enzimas renales de las reproductoras de pollos de engorde. **Material y Métodos.** Se utilizaron cuatrocientas cincuenta gallinas reproductoras de engorde durante 3 meses. Se utilizó el diseño completamente al azar con 6 tratamientos (sin procesar, procesados por *Lactobacillus Plantarum*, *Bacillus Subtilis*, *Aspergillus Oryzae*, *Neurospora Cytophilla* y Alkalasa enzima) y 5 repeticiones. Los datos recopilados se analizaron mediante el procedimiento LSmeans del software estadístico SAS. **Resultados.** Los efectos de los tratamientos fueron significativos sobre los metabolitos sanguíneos ($p < 0.05$). La concentración de glucosa y las lipoproteínas de alta densidad (HDL) se incrementaron mediante métodos de procesamiento. Asimismo, se influyó en el peso del ciego, yeyuno y duodeno ($p < 0.05$). Se aumentó el peso del duodeno y yeyuno y se redujo el peso del ciego. El procesamiento de la pasta de canola aumentó la longitud de las vellosidades y disminuyó la profundidad de la cripta del yeyuno ($p < 0.05$). El efecto de los tratamientos fue significativo sobre la alanina transaminasa (ALT) y la fosfatasa alcalina (ALP) ($p < 0.05$). El efecto de los tratamientos fue significativo sobre la actividad digestiva de amilasa, lipasa y proteasa ($p < 0.05$). El proceso de canola mejoró su digestibilidad. En otras palabras, se mejoraron su calidad proteica, perfil de ácidos grasos y propiedades antimicrobianas. **Conclusiones.** Los diferentes métodos de procesamiento de la canola mejoraron los rasgos de la gallina. Se puede recomendar utilizar la comida procesada en lugar de la pasta de canola cruda.

Palabras clave: Sangre; canola; enzima; riñón; procesamiento (*Fuente: CAB*).

ABSTRACT

Objective. Canola meal is one of the most important vegetable protein that contained the anti-nutritional factors. The aim of the study was to study the effect of canola processing on the intestine traits, blood metabolites, and kidney enzymes of broiler breeders. **Material and methods.** Four hundred fifty broiler breeder hens were used for 3 months. The completely randomized design was used with 6 treatments (unprocessed, processed by *Lactobacillus Plantarum*, *Bacillus Subtilis*,

Como citar (Vancouver).

Gharahveysi S, Jafari MA. Efectos del canola procesamiento en intestino, sangre y los riñones de gallinas reproductoras de engorde. Rev MVZ Córdoba. 2021; 26(1):e1878. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1878>



©El (los) autor (es), Revista MVZ Córdoba 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

Aspergillus Oryzae, *Neurospora Cytophilla*, and Alkalase enzyme) and 5 replications. The collected data were analyzed by the LSmeans procedure of SAS statistical software. **Results.** The effects of treatments were significant on blood metabolites ($p < 0.05$). Glucose concentration and High-density lipoprotein (HDL) were increased by processing methods. Also, the caecum, jejunum and duodenum weight were influenced ($p < 0.05$). The weight of the duodenum and jejunum was increased and caecum weight was decreased. The processing of canola meal increased the length of the villi and decreased the depth of the crypt of the jejunum ($p < 0.05$). Treatments effect was significant on the Alanine transaminase (ALT) and Alkaline phosphatase (ALP) ($p < 0.05$). The effect of treatments was significant on the digestive amylase, lipase and protease activity ($p < 0.05$). The canola process improved its digestibility. In other words, its protein quality, fatty acid profile and antimicrobial properties were improved. **Conclusions.** The different processing methods of canola improved the hen's traits. It can be recommended to use the processed meal instead of the raw canola meal.

Keywords: Blood; canola; enzyme; kidney; processing (Source: CAB).

INTRODUCCIÓN

El nombre científico de la canola es *Brassica Napus* de la familia Brassicaceae Cruciferea. En la nutrición avícola, la harina de canola es la segunda proteína vegetal más importante después de la harina de soja. La canola se obtuvo mediante la reproducción de la colza para reducir la cantidad de glucosinolato (1). El ácido erúico del aceite de canola es menos del 2% y la cantidad de glucosinolato en su harina es menos de 30 $\mu\text{mol/g}$ (2). Los principales componentes antinutrientes de la canola son el fitato, el glucosinolato y el tanino. Estos compuestos reducen la palatabilidad de la ración. Los glucosinolatos normalmente no son tóxicos. Pero los productos secundarios de su descomposición pueden tener efectos adversos sobre el rendimiento de las aves (3). El alto consumo de glucosinolatos en pollos de engorde reduce la ingesta de alimento, disminuye la tasa de crecimiento, el hipertiroidismo, disminuye los niveles de hormona tiroidea, agranda el hígado, los riñones y la glándula tiroidea, cambia la actividad hepática y aumenta la mortalidad (4,5).

En la ciencia de la nutrición moderna, la producción de nuevos alimentos a través de la tecnología de fermentación se ha visto favorecida por especies de hongos (como *Rizopus Oligosporus*, *Aspergillus Oryza*, *Neurospora Cytophilla* y *Aspergillus Niger*) y especies bacterianas (como *Enterococcus Faecium* y *Bacillus Subtilis*) (6, 7). La tecnología de fermentación elimina los compuestos antinutricionales y mejora la estructura y el sabor del pienso. La tecnología de fermentación es mejor para procesar piensos que los métodos químicos. Se ha considerado el uso del método de fermentación microbiana para producir proteína de alta calidad y libre de compuestos antinutricionales (8).

El uso inadecuado de antibióticos en las granjas avícolas ha aumentado la resistencia a los antibióticos de las bacterias. Para ello, el uso de antibióticos promotores del crecimiento fue prohibido en Dinamarca en 1995 y luego en la UE en enero de 2006. Con esta prohibición, elegir la alternativa adecuada se ha convertido en un desafío para la nutrición de las aves de corral (9). Las formas alternativas, como la tecnología de fermentación, como una alternativa potencial a los antibióticos, han atraído la atención de los nutricionistas avícolas. Los probióticos y prebióticos son otros grupos de aditivos introducidos como alternativas a los antibióticos. Los probióticos son aditivos alimentarios microbianos vivos que tienen un efecto beneficioso en el huésped al mejorar el equilibrio microbiano intestinal y mejorar el sistema inmunológico (9). Los prebióticos contienen componentes alimenticios no digeribles y aumentan el crecimiento o la actividad de especies bacterianas beneficiosas en el intestino y reducen la población de bacterias huésped dañinas (10). Los resultados de los estudios indican que la adición de prebióticos a la dieta no solo estimula el crecimiento y la actividad de las bacterias intestinales beneficiosas, sino que también puede aumentar el crecimiento y la actividad de las bacterias intestinales del huésped (10). Por lo tanto, la investigación se ha centrado en otros aditivos para abordar las debilidades de los probióticos y prebióticos. Uno de los aditivos alimentarios más importantes y nuevos son los péptidos. Los péptidos son productos obtenidos después de la hidrólisis incompleta de proteínas por enzimas, ácidos, álcalis o hidrólisis fermentada (11). La hidrólisis incompleta de proteínas de origen vegetal o animal produce péptidos de diferentes pesos moleculares y alta solubilidad en agua (12). Los resultados de la investigación muestran que en el proceso de

hidrolización de proteínas por métodos químicos (soluciones ácidas y alcalinas), enzimáticos y fermentativos, se producen péptidos con propiedades alimenticias beneficiosas como propiedades antioxidantes, estímulos del sistema inmunológico, antimicrobianos, modulación de la presión arterial, anticancerígenos, y producción de anti-obesidad. (13). En la hidrólisis enzimática de proteínas, el proceso de hidrólisis está completamente controlado, dando como resultado que se produzcan péptidos con propiedades biológicamente activas (12). La hidrólisis enzimática de proteínas vegetales, como la harina de canola, ha producido péptidos que se utilizan como ingredientes naturales en la producción de alimentos útiles y pueden utilizarse en la nutrición animal debido a su alta capacidad de absorción en el intestino delgado (13).

El objetivo del experimento actual fue estudiar los efectos de diferentes métodos de procesamiento de canola por bacterias, hongos y enzimas en los rasgos intestinales, metabolitos sanguíneos y enzimas renales de gallinas reproductoras de engorde.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las condiciones de la investigación. La investigación se realizó en 2018, utilizando la granja de pollos, las instalaciones y el laboratorio de la facultad de agricultura de la rama de Qaemshahr de la Universidad Islámica Azad de Irán. Las gallinas reproductoras de engorde se criaron durante 12 semanas (semanas 40 a 52). Los procedimientos experimentales del estudio actual se realizaron con base en las leyes del comité nacional de ética en la investigación biomédica de Irán (2018).

Gallinas y tratamientos. En la investigación actual, se utilizaron durante 12 semanas 450 gallinas de la raza Ross reproductora de pollos de engorde con un peso de 3300 ± 150 g (40 semanas). Se utilizó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 5 repeticiones. Se diseñaron y prepararon treinta bolígrafos. Se incluyeron quince gallinas reproductoras de engorde en cada corral. Los tratamientos experimentales incluyeron: 1) harina de canola sin procesar; 2) harina de canola procesada por *Lactobacillus Plantarum*; 3) harina de canola procesada por *Bacillus Subtilis*; 4) harina de canola procesada por *Aspergillus Oryzae*; 5) harina de canola procesada por *Neurospora Cytophilla*; y 6) harina de canola procesada por la enzima alcalasa

Método de procesamiento de harina de canola. Después de la preparación de la pasta de canola, se entregaron tres muestras (500 gr) y se enviaron al laboratorio para su análisis químico. Se suministraron cinco muestras de 25 kg y se procedió a la fermentación (fermentación con *Lactobacillus Plantarum*, *Bacillus Subtilis*, *Aspergillus Oryzae* y *Neurospora Cytophilla*) e hidrólisis enzimática (Alkalasa). Luego, se prepararon 3 submuestras de cada muestra y se enviaron a un laboratorio especializado para evaluación de calidad y medición de rasgos.

La formulación de la ración. La ración se formuló en base a los requerimientos nutricionales de la gallina reproductora de pollos de engorde de Ross 308 (semanas 40 en adelante) de maíz y harina de soja (Tabla 1).

Tabla 1. Ingredientes del pienso y composición química de la ración utilizada.

Ingredientes	Cantidad en la ración (%)
Maíz	56.8
Harina de soja (43% CP)	24.7
Salvado de trigo	6
Aceite de soja	1.2
Fosfato dicálcico	1.5
Polvo de ostra	8
sal	0.3
Suplemento mineral	0.25
Suplemento vitamínico	0.25
DL-metionina	1
Composición química calculada	
Energía metabolizable (kilocalorías por kilogramo)	2740
Proteína cruda (%)	15.50
Metionina + Cisteína (%) (digestible)	0.62
Lisina (%) (digestible)	0.77
Calcio (%)	3.30
Fósforo disponible (%)	0.38
Sodio (%)	0.18

El suplemento mineral proporciona los siguientes elementos: 50 mg de manganeso, 50 mg de hierro, 24 mg de zinc, 10 mg de cobre, 2 mg de yodo, 200 µg de selenio, 500 µg de cobalto. El suplemento vitamínico proporciona los siguientes elementos: 12000 unidades internacionales (UI) de vitamina A, 3000 UI de vitamina D3, 100 UI de vitamina E, 5 mg de vitamina K3, 3 mg de vitamina B1, 12 mg de vitamina B2, 55 mg de vitamina B3, 15 mg de vitamina B5, 4 mg de piridoxina, 2 mg de vitamina B9, 40 µg de vitamina B12, 1000 mg de vitamina colina y 250 µg de vitamina biotina.

Los rasgos estudiados.

Los rasgos del intestino delgado. Al final del experimento, después del sacrificio de las gallinas y vaciado del contenido del intestino; Se midieron los pesos y longitudes de las tres secciones del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon). Luego se lavaron 2 cm de yeyuno con solución fría de PBS (4°C) y se colocaron en tampón de formalina neutra al 10%, y se transfirieron al laboratorio histológico (para suministro de cortes transversales y determinación de longitud de vellosidades y profundidad de criptas). Los estudios histológicos se realizaron de acuerdo con los protocolos recomendados de precisión (14). En este estudio, la longitud de las vellosidades y la profundidad de la cripta se midieron mediante retícula.

Metabolitos y enzimas sanguíneos. Al final del experimento, se seleccionaron al azar dos gallinas de cada corral y se extrajeron aproximadamente dos ml de sangre a través de una vena yugular del ala. Concentraciones de alanina aminotransferasa (ALT) aspartato aminotransferasa (AST), fosfatasa alcalina (ALP) y lactato deshidrogenasa (LDH), proteína total, albúmina, ácido úrico, colesterol, lipoproteína de baja densidad (LDL), lipoproteína de alta densidad (HDL), el calcio y el fósforo de las muestras de sangre se determinaron utilizando los kits de laboratorio (Iran Pars-Azmoon) y el dispositivo de espectrofotómetro (UK Jenway Genova MK3). Los datos se registraron para su análisis.

Análisis estadístico. Los datos recolectados fueron analizados por el procedimiento de modelo lineal generalizado (GLM) del software estadístico SAS (15). El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + e_{ijk}$$

donde, y_{ijk} es el valor de cada observación; μ es el efecto medio; A_i es el efecto del tratamiento y e_{ijk} es el efecto residual.

RESULTADOS

Metabolitos sanguíneos. El efecto de los tratamientos experimentales fue significativo ($p < 0.05$) en todos los rasgos de metabolitos sanguíneos (Tabla 2). Los métodos de proceso fueron mayor concentración de glucosa y HDL. La mayor concentración de glucosa y HDL se observó en el método de procesamiento con hongos *Aspergillus Oryzae* (184 mg/dl) y hongos *Neurospora Cytophilla* (36 mg/dl), respectivamente. Los métodos de procesamiento de la pasta de canola redujeron la concentración de triglicéridos, colesterol y LDL. La concentración más baja de triglicéridos (60 mg/dl), colesterol (144 mg/dl) y LDL (41 mg/dl) se observó en el método de procesamiento con la bacteria *Bacillus subtilis*.

Rasgos intestinales y morfología del yeyuno. Puede verse en los resultados de la Tabla 3 que el efecto de los métodos de procesamiento fue significativo sobre el ciego, yeyuno y duodeno ($p < 0.05$). El uso de tratamientos experimentales aumentó el peso del intestino delgado (duodeno y yeyuno) y disminuyó el peso del ciego. Las mayores ganancias de peso en el intestino delgado (duodeno y yeyuno) se observaron en tratamientos procesados con hongos *Aspergillus Oryzae*. El menor peso de ciego se observó en el tratamiento procesado con hongos *Aspergillus Oryzae*.

Tabla 2. Efectos del procesamiento de canola sobre los metabolitos sanguíneos de gallinas reproductoras Ross (mg/dl).

Tratos	Glucosa	Triglicéridos	Colesterol	HDL	LDL
Sin procesar	173 ^a	70 ^b	160 ^a	27 ^b	50 ^a
Procesada por <i>Lactobacillus Plantarum</i> (bacterias)	179 ^b	63 ^a	146 ^b	35 ^a	43 ^b
Procesada por <i>Bacillus Subtilis</i> (bacterias)	183 ^b	60 ^a	144 ^b	34 ^a	41 ^b
Procesada por <i>Aspergillus Oryzae</i> (Hongos)	184 ^b	62 ^a	147 ^b	33 ^a	42 ^b
Procesada por <i>Neurospora Cytophilla</i> (Hongos)	182 ^b	61 ^a	149 ^b	36 ^a	43 ^b
Procesada por la enzima alkalasa	183 ^b	62 ^a	146 ^b	34 ^a	43 ^b
SEM	7.81	3.93	10.02	0.80	0.91
P.value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SEM: Error estándar de medias. HDL: lipoproteína de alta densidad. LDL: lipoproteína de baja densidad. Las medias con letras diferentes en cada columna son significativas ($p < 0.05$).

Tabla 3. Efecto de los tratamientos sobre el peso de los rasgos del intestino delgado (%).

Tratos	Intestino ciego	Íleon	Yeyuno	Duodeno
Sin procesar	0.27 ^a	0.95	2.09 ^b	0.69 ^b
Procesada por <i>Lactobacillus Plantarum</i> (bacterias)	0.23 ^b	0.97	2.18 ^a	0.75 ^a
Procesada por <i>Bacillus Subtilis</i> (bacterias)	0.23 ^b	0.97	2.19 ^a	0.76 ^a
Procesada por <i>Aspergillus Oryzae</i> (Hongos)	0.21 ^b	0.96	2.21 ^a	0.77 ^a
Procesada por <i>Neurospora Cytophilla</i> (Hongos)	0.23 ^b	0.96	2.19 ^a	0.75 ^a
Procesada por la enzima alkalasa	0.22 ^b	0.97	2.20 ^a	0.76 ^a
SEM	0.00	0.02	0.09	0.02
P.Value	0.00	0.13	0.02	0.03

SEM: Error estándar de medias. Las medias con letras diferentes en cada columna son significativas ($p < 0.05$).

El procesamiento de la harina de canola aumentó la longitud de las vellosidades y disminuyó la profundidad de la cripta del yeyuno ($p < 0.05$). La mayor longitud de las vellosidades y la menor profundidad de la cripta se observaron en el tratamiento procesado con hongos *Aspergillus Oryzae* (Tabla 4).

Enzimas renales y otros metabolitos sanguíneos. Como se muestra en la Tabla 5, el efecto de los tratamientos fue significativo en ALT y ALP ($p < 0.05$). La concentración más baja de ALT y ALP se observó en los tratamientos procesados con bacterias *Lactobacillus Plantarum* (6.08) y *Bacillus Subtilis* (2504.11), respectivamente.

Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas del intestino delgado.

Tratos	Altura de las vellosidades (μm)	Profundidad de la cripta (μm)	Altura de las vellosidades/Profundidad de la cripta
Sin procesar	1732.21 ^b	197.65 ^a	8.76 ^b
Procesada por <i>Lactobacillus Plantarum</i> (bacterias)	1750.56 ^a	186.11 ^b	9.41 ^a
Procesada por <i>Bacillus Subtilis</i> (bacterias)	1752.43 ^a	185.34 ^b	9.46 ^a
Procesada por <i>Aspergillus Oryzae</i> (Hongos)	1754.91 ^a	185.11 ^b	9.48 ^a
Procesada por <i>Neurospora Cytophilla</i> (Hongos)	1753.98 ^a	185.20 ^b	9.47 ^a
Procesada por la enzima alkalasa	1754.21 ^a	185.32 ^b	9.47 ^a
SEM	24.21	9.65	0.31
P.Value	0.00	0.00	0.00

SEM: Error estándar de medias. Las medias con letras diferentes en cada columna son significativas ($p < 0.05$).

El efecto de los tratamientos experimentales fue significativo ($p < 0.05$) sobre la actividad digestiva de amilasa, lipasa y proteasa (Tabla 6). La mayor actividad de amilasa, lipasa y proteasa se observó en tratamientos procesados con bacterias *Lactobacillus Plantarum* (8.98), *Bacillus Subtilis* (21.43) y enzima Alkalasa (85.40), respectivamente.

Tabla 5. Efecto de los tratamientos sobre ALT, ALP, proteína total, albúmina y ácido úrico.

Tratos	ALT(u/I)	ALP(u/I)	Proteína total (mg/dl)	Albúmina (mg/dl)	Ácido úrico (mg/dl)
Sin procesar	6.97 ^a	2589.90 ^a	3.54	1.54	4.50
Procesada por <i>Lactobacillus Plantarum</i> (bacterias)	6.08 ^b	2510.04 ^b	3.52	1.59	4.48
Procesada por <i>Bacillus Subtilis</i> (bacterias)	6.10 ^b	2504.11 ^b	3.50	1.58	4.45
Procesada por <i>Aspergillus Oryzae</i> (Hongos)	6.12 ^b	2512.61 ^b	3.51	1.58	4.46
Procesada por <i>Neurospora Cytophilla</i> (Hongos)	6.15 ^b	2521.70 ^b	3.52	1.57	4.47
Procesada por la enzima alkalasa	6.16 ^b	2518.34 ^b	3.50	1.58	4.46
SEM	0.09	45.70	0.09	0.04	0.08
P.Value	0.02	0.00	0.14	0.23	0.19

SEM: Error estándar de medias. Las medias con letras diferentes en cada columna son significativas ($p < 0.05$). ALT: Alanina transaminasa. ALP: Fosfatasa alcalina.

Tabla 6. Efecto de los tratamientos sobre la actividad digestiva de amilasa, lipasa y proteasa (u/mg de proteína digestible).

Tratos	Amilasa (unidad Somogyi) ¹	Lipasa (unidad Sigma-Tietz) ²	Proteasa (unidad) ³
Sin procesar	8.09 ^b	19.18 ^b	77.30 ^b
Procesada por <i>Lactobacillus Plantarum</i> (bacterias)	8.98 ^a	21.10 ^a	83.87 ^a
Procesada por <i>Bacillus Subtilis</i> (bacterias)	8.85 ^a	21.43 ^a	84.91 ^a
Procesada por <i>Aspergillus Oryzae</i> (Hongos)	8.89 ^a	21.39 ^a	83.09 ^a
Procesada por <i>Neurospora Cytophilla</i> (Hongos)	8.92 ^a	21.28 ^a	84.12 ^a
Procesada por la enzima alcalasa	8.87 ^a	21.35 ^a	85.40 ^a
SEM	0.08	0.17	0.92
P.Value	0.02	0.00	0.00

SEM: Error estándar de medias. Las medias con letras diferentes en cada columna son significativas ($p < 0.05$).

1. La unidad de actividad de amilasa (unidad de Somogyi) se definió como la cantidad de amilasa que provocaría la formación de un poder reductor equivalente a 1 mg de glucosa en 30 min a 40°C/mg de proteína de la digestión intestinal (Somogyi, 1960).

2. La unidad de actividad de lipasa (unidad Sigma-Tietz) fue igual al volumen (mL) de NaOH 0.05 M requerido para neutralizar el ácido graso liberado durante 6 hrs de incubación con 3 mL de sustrato de lipasa a 37°C/mg de proteína de la digestión intestinal (Tietz y Fiereck, 1966).

3. La unidad de actividad proteasa se definió como mg de azocaseína degradados durante 2 horas de incubación a 38°C/mg de proteína de la digestión intestinal (Lynn y Clevette-Radford, 1984).

DISCUSIÓN

Al estudiar los resultados de los efectos del procesamiento de canola sobre los metabolitos sanguíneos en el presente estudio, se puede observar que el procesamiento reduce los niveles de triglicéridos, colesterol y LDL en la sangre de las reproductoras de pollos de engorde. La disminución del colesterol puede deberse a la inhibición de la actividad de la enzima 3-hidroxi-3-metil-glutaril-coA, que posteriormente disminuye la producción de colesterol. También puede deberse a la producción de ácidos grasos de cadena corta como el ácido propiónico, que posteriormente restringe la producción de colesterol (16). Estos cambios significan una mejor calidad de la canola. La mejora de la calidad de la canola se logró mediante diferentes

métodos de procesamiento. Los resultados del presente estudio son consistentes con otros estudios (16,17,18). El ácido úrico es un marcador del catabolismo de proteínas y es el producto de nitrógeno excretado más importante en las aves. Los cambios en los niveles de ácido úrico en sangre indican cambios que ocurren en el catabolismo de las proteínas y dependen del contenido de proteínas y la calidad de la ración de aves de corral (19).

La alcalasa es una endoproteasa de tipo serina. Tiene una especificidad de sustrato muy amplia. Por otro lado, puede hidrolizar la mayoría de los enlaces peptídicos dentro de una molécula de proteína. Se forman péptidos y aminoácidos que se disuelven o se dispersan en el agua de lavado. Se informó que la canola procesada (por la enzima alcalasa) aumenta la altura de las vellosidades, disminuye la profundidad de las criptas y aumenta la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas en el yeyuno de los pollos de engorde (11). En otro estudio, la canola fue procesada por *Bacillus Subtilis*, *Candida Utilis* y *Enterococcus Faecalis*. El uso de canola procesada redujo la profundidad de la cripta y aumenta la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de la cripta en el yeyuno de los pollos de engorde. Cuanto mayor sea esta proporción, mayor será la capacidad de digerir y absorber nutrientes (18). Estos resultados son consistentes con los resultados del presente estudio.

Los diferentes métodos de procesamiento de canola aumentaron la actividad de las enzimas amilasa, lipasa y proteasa. El aumento de la actividad de estas enzimas da como resultado la descomposición de azúcares de cadena larga, grasas grandes y moléculas de proteínas en moléculas más pequeñas y más digeribles. De esta manera aumentará el valor nutricional de la canola (11). Estos resultados concuerdan con un informe similar en este campo (11).

Los niveles elevados de alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (ALP) que ingresan al torrente sanguíneo de los pollos de engorde indican daño hepático (20). En el presente estudio, el procesamiento de la soja por bacterias, hongos y enzimas disminuyó la concentración de enzimas hepáticas. El procesamiento de canola redujo la secreción de enzimas hepáticas. Muestra que los métodos de procesamiento han reducido los factores anti-nutricionales. Como resultado, se redujo la presión sobre el hígado. Estos resultados

pueden deberse al efecto favorable y protector de los métodos de procesamiento de canola en el hígado. Los resultados del presente estudio son consistentes con resultados similares en este campo (20,21).

Los resultados del presente estudio mostraron que el procesamiento de harinas de canola por varios métodos (como bacterias, hongos y enzimas) redujo los metabolitos indeseables en sangre de las gallinas (como los triglicéridos). Por otro lado, se mejoraron las características del intestino delgado de las gallinas que son efectivas en la absorción de nutrientes (como cripta y willi). Además, la concentración de enzimas hepáticas secretadas disminuyó. Todo esto significa mejorar la calidad de la pasta de canola y reducir sus factores antinutricionales mediante el uso de varios métodos de procesamiento. en otras

palabras, los métodos procesados mejoraron la digestibilidad de la pasta de canola. Se mejoraron la calidad de las proteínas, el perfil de ácidos grasos y las propiedades antinutricionales de la pasta de canola. Por lo tanto, se puede recomendar el uso de canola procesada en lugar de la harina de canola cruda.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses asociado con el artículo.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de la Rama Qaemshahr de la Universidad Islámica Azad.

REFERENCIA

1. Recoules E, Lessire M, Labas V, Duclos MJ, Combes-Soia L, Lardic L, Peyronnet C, Quinsac A, Narcy A, Réhault -Godbert S. Dinámica de la digestión en pollos de engorde alimentados con harina de colza. *Sci Rep.* 2019; 9:3052-3063. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38725-1>
2. Popova A, Mihaylova D. Antinutrientes en alimentos de origen vegetal: una revisión. *Open Biotechnol J.* 2019; 13:68-76. <https://doi.org/10.2174/1874070701913010068>
3. Tripathi MK, Mishra AS. Glucosinolatos en la nutrición animal: una revisión. *Anim Feed Sci Technol.* 2007; 132:1-27. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.03.003>
4. Kermanshahi H, Abbasi Pour AR. Valor de reemplazo de la harina de soja con harina de colza suplementada con o sin una enzima que degrada la NSP en la dieta sobre el rendimiento, las características de la canal y las hormonas tiroideas de los pollos de engorde. *Int J Poult Sc.* 2006; 5:925-930. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.932.937>
5. Toghyani M, Girish CK, Wu SB, Iji PA, Swick RA. Efecto de los niveles elevados de aminoácidos en la dieta en dietas ricas en harina de canola sobre los rasgos productivos y la población de microbiota cecal de pollos de engorde en un estudio de alimentación en pareja. *Poult Sci.* 2017; 96(5):1268-1279. <https://doi.org/10.3382/ps/pew388>
6. Van Emous RA, Kwakkel RP, Van Krimpen MM, Van den Brand H, Hendriks WH. Efectos de los patrones de crecimiento y los niveles de proteínas alimentarias durante la cría de reproductoras de pollos de engorde sobre la fertilidad, la incubabilidad, la mortalidad embrionaria y el rendimiento de la descendencia. *Poult Sci.* 2015; 94(4):681-691. <https://doi.org/10.3382/ps/pev024>
7. Singhanian RR, Patel AK, Soccol CR, Pandey A. Avances recientes en la fermentación en estado sólido. *Biochem Eng J.* 2009; 44:13-18. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2008.10.019>

8. Khalil AA. Mejora nutricional de una raza egipcia de frijol mungo mediante lactobacilos probióticos. *Afr J Biotechnol*. 2006; 5(2):206-212. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/137757>
9. Alkhalif A, Alhaj M, Al-homidan I. Influencia de la suplementación probiótica en los parámetros sanguíneos y el rendimiento del crecimiento en pollos de engorde. *Saudi J Biol Sci*. 2010; 17:219-225. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.04.005>
10. Zhu LP, Wang JP, Ding XM, Bai SP, Zeng QF, Su ZW, Xuan Y, Applegate TJ, Zhang KY. Los efectos de las variedades y niveles de torta de expulsión de colza sobre el rendimiento de la producción de huevos, la calidad del huevo, la digestibilidad de los nutrientes y la morfología del duodeno en gallinas ponedoras. *Poult Sci*. 2019; 98(10):4942-4953. <https://doi.org/10.3382/ps/pez254>
11. Karimzadeh S, Rezaei M, Teomouri Yansari A. Efectos de los péptidos bioactivos derivados de la pasta de canola sobre el rendimiento, las actividades de las enzimas digestivas, la digestibilidad de los nutrientes, la morfología intestinal y la microflora intestinal en pollos de engorde. *Poult Sci J*. 2016; 4:27-36. <https://doi.org/10.22069/PSJ.2016.2969>
12. Goldberg EM, Ryland D, Aliani M, House JD. Interacciones entre la harina de canola y el aceite de linaza en las dietas de gallinas White Lohmann sobre el perfil de ácidos grasos y las características sensoriales de los huevos de mesa. *Poult Sci*. 2016; 95(8):1805-1812. <https://doi.org/10.3382/ps/pew025>
13. Singh BP, Vij S, Hati S. Significado funcional de los péptidos bioactivos derivados de la soja. *Péptidos* 2014; 54:171-179. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2014.01.022>
14. Bird AR, Croom WJ Jr, Fan YK, Daniel LR, Black BL, McBride BW, Eisen EJ, Bull LS, Taylor IL. La absorción de glucosa yeyunal se ve reforzada por el factor de crecimiento epidérmico en ratones. *J Nutr*. 1994; 124:231-240. <https://doi.org/10.1093/jn/124.2.231>
15. SAS Institute. Software estadístico SAS. SAS Inst. Inc: Cary, Carolina del Norte; 1999. https://www.sas.com/es_co/software/university-edition.html
16. Ashayerizadeh A, Dastar D, Shams Shargh M, Sadeghi Mahoonak AR, Zerehdaran Z. Efectos de la alimentación con harina de colza fermentada sobre el rendimiento del crecimiento, la población de microflora gastrointestinal, los metabolitos sanguíneos, la calidad de la carne y el metabolismo de los lípidos en pollos de engorde. *Livest Sci*. 2018; 216(4):183-190. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.08.012>
17. Karimzadeh S, Rezaei M, Teimouri Yansari A. Efectos de diferentes niveles de péptidos de harina de canola sobre el rendimiento del crecimiento y metabolitos sanguíneos en pollos de engorde. *Livest Sci*. 2017; 203:37-40. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.06.013>
18. Hu Y, Wang Y, Li A, Wang Z, Zhang X, Yun T, Qiu L, Yin Y. Efectos de la harina de colza fermentada sobre las funciones antioxidantes, los parámetros bioquímicos del suero y la morfología intestinal en pollos de engorde. *Alimentos Agr Immunol*. 2016; 27(2):182-193. <https://doi.org/10.1080/09540105.2015.1079592>
19. Ziyad TM AL-Dhanki, AL-Jugifi WI, AL-Enzy AFM. Impacto de la alimentación con alimento húmedo fermentado en el rendimiento de la producción de reproductoras de pollos de engorde y algunos rasgos de incubabilidad. *Int J Poult Sc*. 2019; 18(3):116-121. <https://doi.org/10.3923/ijps.2019.116.121>
20. Chatila R, West AB. Hepatomegalia y pruebas hepáticas anormales por glucogenosis en adultos con diabetes. *Medicamento*. 1996; 75(6):327-333. <https://doi.org/10.1097/00005792-199611000-00003>
21. Gharahveysi S. Efecto protector del cardo mariano en el hígado y riñón de pollos de engorde. *Agr Nat Resour*. 2019; 53:429-432. <https://doi.org/10.34044/j.anres.2019.53.4.14>