

NUTRICIÓN

***Efecto de los niveles de lisina, aminoácidos azufrados
y treonina en piensos para conejos con altas velocidades de crecimiento***

Marín-García P.J., López M.C., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Pascual J.J., Blas E.

***¿Prefieren los conejos de elevada ganancia media diaria piensos
con mayores niveles de aminoácidos de los recomendados?***

Marín-García P.J., López M.C., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Blas E., Pascual J.J.

***Efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre la digestibilidad fecal
y los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento***

*Farías C., Delgado R., Noboa T., Ocasio-Vega C.,
Abd Elrasoul R., Carabaño R., Nicodemus N., García J.*

***Efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre la composición química corporal, de la canal
y el balance nitrogenado y energético en conejos en crecimiento***

*Farías C., Delgado R., Allam-Sayed R., Brambillasca S., Ocasio-Vega C.,
Carabaño R., García J., Nicodemus N.*

***Efecto de la inclusión de galactomananos en el pienso
sobre la digestibilidad de los nutrientes en conejos en crecimiento***

Zemzmi J., Ródenas L., Blas E., Abdouli H., Najar T., Pascual J.J.

EFECTO DE LOS NIVELES DE LISINA, AMINOÁCIDOS AZUFRADOS Y TREONINA EN PIENSOS PARA CONEJOS CON ALTAS VELOCIDADES DE CRECIMIENTO

Effect of the levels of lysine, sulphur amino acids and threonine in diets for rabbits with high growth rates

Marín-García P.J.*, López M.C., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Pascual J.J., Blas E.

Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València,
Camino de Vera, 46022 Valencia, España

*Dirección de contacto: pabmarg2@upv.es

RESUMEN

La reducción de los niveles proteicos en los piensos de cebo, junto con algunos indicios de la posible presencia de algún aminoácido (AA) limitante, hace necesaria la revisión de los niveles de inclusión de lisina (Lys), AA azufrados (sAA) y treonina (Thr) en piensos para conejos de alta ganancia media diaria. En una experiencia previa se comprobó que la combinación que minimizó los valores de nitrógeno ureico plasmático tenía 7.3, 6.0 y 5.3 g/kg de Lys, sAA y Thr, respectivamente (12.96±0.45 mg/dL). El objetivo del presente trabajo fue comparar los resultados de cebo obtenidos con un pienso con esta combinación de AA (MAB) con los obtenidos con uno formulado según las recomendaciones actuales (MMM), utilizando 126 animales de la línea R de la UPV. Los animales alimentados con el pienso MAB mostraron mayor ganancia media diaria y menor índice de conversión que los alimentados con el pienso MMM (P<0.05). Estos resultados estarían indicando que en los piensos para conejos con alta velocidad de crecimiento se debería aumentar (a 6 g/kg) el nivel de sAA y reducir (a 5.3 g/kg) el de Thr.

Palabras clave: conejo, lisina, aminoácidos azufrados, treonina, velocidad de crecimiento.

ABSTRACT

The reduction of the protein levels in diets for growing rabbits, with some signs of the possible presence of some limiting amino-acid (AA), makes necessary the review of the level of inclusion of lysine (Lys), sulphur AA (sAA) and threonine (Thr) in diets for rabbits having high growth rate. In a previous experience, it was checked that the AA's combination that showed the lowest plasmatic urea nitrogen's concentration contained 7.3, 6.0 y 5.3 g/kg of Lys, sAA y Thr, respectively (12.96±0.45 mg/dL). The aim of this trial was to compare the growing performance obtained with this AA's combination (Diet MAB) and following current recommendations (Diet MMM), using 126 animals from line R of the UPV. Animals fed with Diet MAB showed better average daily gain and feed conversion ratio than those fed with Diet MMM (P<0.05). These results would indicate that, for animals with high growth rate, the dietary level of sAA should be increased (to 6 g/kg) and that of Thr (to 5.3 g/kg).

Keywords: rabbit, lysine, sulphur amino acid, threonine, growth rate.

INTRODUCCIÓN

La irrupción de la enteropatía mucoide obligó a reducir las recomendaciones proteicas en los piensos para conejos de engorde (Carabaño et al., 2009). Esta reducción podría penalizar el crecimiento de los animales con alta ganancia media diaria (GMD). De hecho, en un experimento previo, se comprobó que aquellos animales con alta GMD retenían menos proteína de la que cabría esperar (Marín-García et al., 2016), lo que podría estar indicando la presencia de algún aminoácido (AA) limitante. Los AA típicamente limitantes en conejos de cebo son tres; lisina (Lys), AA azufrados (sAA) y treonina (Thr) (Xiccato y Trocino, 2010). Por todo esto, se hace necesaria una revisión de los niveles de inclusión de, como mínimo, estos AA.

El potencial del Nitrógeno Ureico Plasmático (PUN) como indicador de desequilibrios de AA en conejos de engorde ha sido comprobado (Marín-García, 2016). En un trabajo previo de este mismo grupo de investigación, con 27 piensos diferentes en un diseño factorial con 3 niveles (alto, medio, bajo) de Lys, sAA y Thr, se observó que el nivel de PUN se minimizó (12.96 ± 0.45 mg/dL) con un pienso con nivel medio, alto y bajo en Lys, AAs y Thr, respectivamente. El objetivo de este trabajo fue comparar los resultados de cebo obtenidos con este pienso o con uno formulado según las recomendaciones actuales (de Blas y González-Mateos, 2010).

MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 126 animales destetados (a los 28 días de vida) de la línea R (seleccionada por GMD) de la UPV, distribuidos en 6 lotes, fueron pesados y alojados en jaulas individuales, repartiendo los animales de cada camada entre los dos piensos experimentales (MAB y MMM) de forma aleatoria. Los piensos se obtuvieron a partir de una misma mezcla basal sin AA añadidos, a la que se añadió L-lisina HCl, DL-metionina y L-treonina hasta alcanzar 7.3, 6.0 y 5.3 g/kg de Lys, sAA y Thr respectivamente en el Pienso MAB (que minimizó el valor de PUN en el experimento previo) y 7.3, 5.2 y 6.2 g/kg de Lys, sAA y Thr respectivamente en el Pienso MMM (conforme a las recomendaciones actuales). Durante los 35 días de cebo (hasta el día 63 de vida) se controló semanalmente la ingestión y el peso de los animales. La mortalidad y la morbilidad se controlaron diariamente.

La mortalidad y la morbilidad se analizaron mediante una prueba χ^2 . Por otro lado, el resto de datos se analizaron mediante un procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 2009) según el modelo siguiente:

$$Y_{ijk} = m + \alpha * P_i + \beta * L_j + \gamma * P28_{ijk} + e_{ijk}$$

donde m es la media global, P_i =efecto del pienso (2 niveles), L_j =efecto del lote (6 niveles), $P28_{ijk}$ =peso a 28 días (covariable) y e_{ijk} =error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mortalidad y la morbilidad registradas durante el cebo fueron bastante elevadas, del 27% y 19% respectivamente, con signos compatibles con Enteropatía Epizoótica del conejo y sin diferencias significativas entre los dos piensos utilizados.

Tal y como se puede observar en la Tabla 1, la ingestión fue muy similar con los dos piensos, lo que estaría indicando que la combinación de AA de ambos no está lejos del equilibrio. Algunos trabajos han comprobado una reducción de la ingestión cuando se induce un claro desequilibrio del contenido en algún AA, del 31% al aumentar 3.7 veces el contenido en metionina (Gidenne et al., 2002) o del 11% al reducir a la mitad el de Lys (Marín-García 2016).

Tabla 1. Rendimiento durante el engorde (28-63 días) con los piensos experimentales.

	Pienso		P-valor
	MAB	MMM	
n	37	31	
Ingestión (g/d)	151±2.2	149±2.4	0.540
Ganancia media diaria (g/d)	56.0±0.70	53.4±0.75	0.011
Índice de conversión	2.70±0.026	2.79±0.027	0.014

Sin embargo, la GMD y, en consecuencia, el índice de conversión mejoraron con el pienso MAB (+4.8% y -3.2%, respectivamente). Estos efectos se produjeron principalmente en la parte final del cebo (56-63 días), como puede verse en la Figura 1, lo que podría tener relación con el hecho de que la evaluación del PUN (que se utilizó como criterio para la elección del pienso MAB) se realizó el día 49 de vida, cuando los animales alcanzan la velocidad de crecimiento máxima, y con el aumento de la proporción de sAA destinados al mantenimiento.

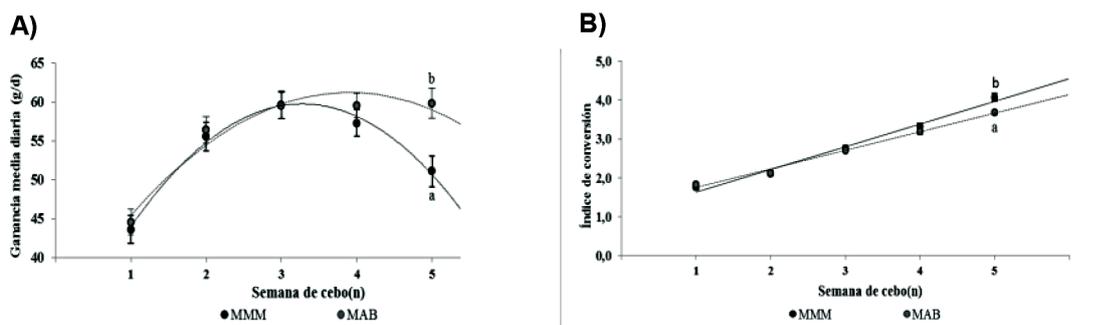


Figura 1. Evolución semanal de la ganancia media diaria (A) y del índice de conversión (B)^{a, b} Diferencias significativas con $P < 0.01$.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos parecen indicar que para optimizar el rendimiento productivo en el cebo de conejos de elevada ganancia media diaria es recomendable mantener los niveles de lisina actuales (7.3 g/kg), aumentar los de aminoácidos azufrados (a 6 g/kg) y reducir los de treonina (a 5.3 g/kg).

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido apoyado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) del Gobierno de España (AGL2014-53405-C2-1-P). También se agradece la beca del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (FPU-2014-01203) concedida a Pablo Jesús Marín García.

BIBLIOGRAFÍA

Carabaño R., Villamide M.J., García J., Nicodemus N., Llorente A., Chamorro S., Menoyo D., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I., De Blas J.C. 2009. New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: a review. *World Rabbit Science*, 17:1-14.

de Blas J.C., Gonzalez-Mateos G. 2010. Feed Formulation. En: de Blas C., Wiseman J. (eds). *Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing, Wallingford Oxon, UK, pp. 222-232.

Gidenne T., Jehl N., Segura M., Michalet-Doreau B. 2002. Microbial activity in the caecum of the rabbit around weaning: impact of a dietary fibre deficiency and of intake level. *Animal Feed Science and Technology*, 99:107-118.

Marín-García P.J. 2016. El nitrógeno ureico plasmático como indicador de desequilibrio en aminoácidos en los piensos de conejos. Tesis de Máster, Universidad Politécnica de Valencia, 15 pp.

Marín-García P.J., Blas E., Cervera C., Pascual J.J. 2016. A deficient protein supply could be affecting selection for growth rate in rabbits. En: *68th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Belfast: Wageningen Academic Publishers, pp. 489.

SAS. 2009. User's Guide (release 9.2). SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.

Xiccato G., Trocino A. 2010. Energy and protein metabolism and requirements. En: de Blas C., Wiseman J. (eds.), *Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing, Wallingford Oxon, UK, pp. 83-118.

¿PREFIEREN LOS CONEJOS DE ELEVADA GANANCIA MEDIA DIARIA PIENSOS CON MAYORES NIVELES DE AMINOÁCIDOS DE LOS RECOMENDADOS?

Do high-growth-rate rabbits prefer diets richer on amino acids than those recommended?

Marín-García P.J.*, López M.C., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Blas E., Pascual J.J.

Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, 46022
Valencia, España

*Dirección de contacto: pabmarg2@doctor.upv.es

RESUMEN

Las recomendaciones actuales, de los principales aminoácidos limitantes para conejos de engorde, parecen llevar a una retención proteica menor de la esperada en animales con alta velocidad de crecimiento. En una experiencia previa, se estimó que un aumento del 15% de esos aminoácidos podría resolver esa menor retención en dichos animales. El objetivo de este experimento fue estudiar la capacidad de conejos con alta velocidad de crecimiento para elegir entre dietas, que diferían en el contenido de aminoácidos, para cubrir sus necesidades. Se realizó una prueba de engorde (entre el día 28 y 63 de vida) a un total de 58 conejos destetados de la línea R (seleccionada por velocidad de crecimiento durante el engorde). Éstos fueron alojados individualmente y con acceso a voluntad a dos dietas diferentes, en una prueba de elección: la Dieta M formulada según las recomendaciones actuales de lisina, aminoácidos azufrados y treonina (7.3, 5.2 y 6.2 g/kg, respectivamente) y la dieta A, donde se incrementó sobre un 15% cada uno de ellos (8.5, 6.0 y 7.1 g/kg, respectivamente). Cuando tuvieron acceso a ambas dietas, los conejos de engorde de la línea R prefirieron la dieta A (+40% de ingestión con respecto a la dieta M; $P < 0.05$), especialmente aquellos animales con ganancia media diaria mayores de 53.5 g/d (+66% de ingestión del pienso A con respecto al M). Estos resultados estarían indicando que los conejos de engorde podrían tener la capacidad de elegir entre dietas que difieren su contenido de aminoácidos, y que los animales de alta velocidad de crecimiento necesitarían mayor cantidad de alguno de estos aminoácidos.

Palabras clave: conejo, lisina, aminoácidos azufrados, treonina, elección, velocidad de crecimiento.

ABSTRACT

Current recommendations of limiting amino acids for growing rabbits lead to a reduced amino acids retention (less to that expected) in high growth rate animals. In a previous trial, it was estimated that an increase up to 15% of these amino acids could solve this deficit in high growth rate periods. The objective of this trial was to study the ability of growing rabbits, with high growth rate, to choose between diets differing in their amino acids content to fit their needs. A total of 58 weaned rabbits from R line (selected for growth rate during the fattening period), individually housed, were used from 28 to 63 days of age. Two diets were *ad libitum* offered to each animal in a choice-feeding trial: diet M with the current recommendations for lysine, sulphur amino acids and threonine (7.3, 5.2 and 6.2 g/kg, respectively) and diet H with up to 15% more of them (8.5, 6.0 and 7.1 g/kg, respectively). Growing rabbits of R line preferred the

diet H (+40% feed intake respect to M diet; $P=0.06$), especially those rabbits with a high growth rate (more than 53.5 g/d of daily gain) that showed a high preference for diet H (+66%). These results would indicate that the growing rabbit seems to have the ability to choose between diets differing in their amino acid content, and that animals with high growth rate would need more of some of these limiting amino acids. **Keywords:** rabbit, lysine, sulphur amino acid, threonine, choice feeding, growth rate.

INTRODUCCIÓN

Los tres primeros aminoácidos (AA) limitantes en conejos son la lisina (Lys), los AA azufrados (sAA) y la treonina (Thr), y sus necesidades parecen estar bien establecidas para conejos de engorde (de Blas y González-Mateos, 2010). Sin embargo, la irrupción de la enteropatía mucoide llevó a ajustar los niveles de inclusión de proteína (Carabaño et al., 2009), lo que podría estar penalizando, según Marín-García et al. (2016), la retención proteica de los animales con alta ganancia media diaria (GMD). En este último trabajo, se estimó que un incremento del 15% de estos AA (con respecto de las recomendaciones actuales) podría mejorar la retención proteica de los animales con alta GMD.

Algunos trabajos previos han observado una menor ingestión en aquellos animales alimentados con piensos con algún AA en claro desequilibrio (Gidenne et al., 2002; Marín-García, 2016), pero no se sabe si los animales preferirían un pienso que les aporte un mayor equilibrio. Los experimentos en el que un mismo animal puede escoger entre dos alimentos que difieren su nivel de proteína existen en cerdos (Costrel et al., 2011) y pollos (Siegel et al., 1997), pero no en conejos. El objetivo de este trabajo será estudiar la capacidad de los conejos, con alta velocidad de crecimiento (VC), de elegir entre dietas donde difería el contenido en los tres primeros AA limitantes para cubrir sus necesidades.

MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 58 animales destetados a los 28 días de vida, de la línea R de la UPV (seleccionada por GMD), fueron pesados y alojados en jaulas individuales. Los piensos se obtuvieron a partir de una misma mezcla basal sin AA añadidos, a la que se añadió L-lisina HCl, DL-metionina y L-treonina hasta alcanzar 7.3, 5.2 y 6.2 g/kg de Lys, sAA y Thr, respectivamente (Pienso M, conforme a las recomendaciones actuales) y 8.5, 6.0 y 7.1 g/kg de Lys, sAA y Thr, respectivamente (Pienso A). Durante los 35 días de cebo (hasta el día 63 de vida) se controló semanalmente la ingestión y el peso de los animales. La mortalidad y la morbilidad se controlaron diariamente.

Los datos se analizaron mediante un procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (SAS, 2009) donde se consideró la falta de homocedasticidad (diferente varianza entre animales y covarianza intra-animal). Se incluyó el pienso (A o M) y la semana de cebo (1-5) como efecto fijos, así como el efecto permanente del animal y el error residual como efectos aleatorios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mortalidad y morbilidad durante el cebo fue elevada (31 y 18%, respectivamente), estos animales presentaban signos compatibles con Enteropatía Epizoótica del Conejo. Sólo los datos de los animales sin aparentes síntomas de la enfermedad fueron usados.

La Figura 1 muestra la evolución de la ingestión de ambos piensos en la prueba de elección. Independientemente de la GMD, los animales prefirieron el pienso A, siendo la ingestión media (de todo el engorde) de este pienso un 40% superior al pienso M ($P<0.05$). Estas diferencias fueron significativas ($P<0.05$) en cuatro de las cinco semanas de cebo. Por lo que se podría asegurar que los conejos tienen la capacidad

de diferir entre dietas que presentan proporciones de aminoácidos diferentes, como ya se ha comprobado en otras especies (Costrel et al., 2011). Además, acorde con algunos experimentos previos (Gidenne et al., 2002; Marín-García 2016), estos resultados podrían estar indicando un mayor equilibrio del pienso A, para conejos con alta GMD.

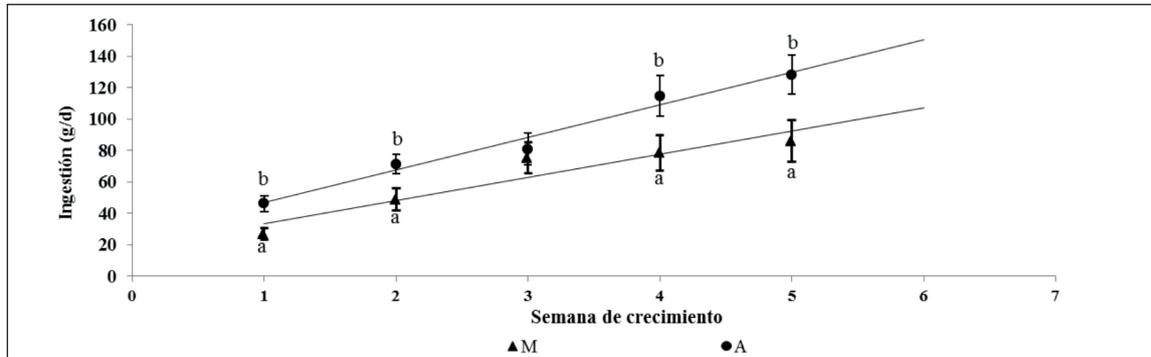


Figura 1. Evolución semanal de la ingestión de los dos piensos experimentales (A y M). ^{a, b} Diferencias significativas con $P < 0,01$.

En la Figura 2 se relaciona la ingestión total de los tres AA en función de la GMD. Se puede observar como existe correlación positiva entre ambas variables. Esta mayor ingestión de AA podría deberse a la mayor ingestión global de los animales con mayor GMD, o por una mayor preferencia del pienso A por parte de los animales con mayores GMD.

La mayor preferencia del pienso A (+40% que el pienso M) no fue independiente de la GMD. Esta preferencia se acentuó en aquellos animales con GMD mayores de 53.5 g/d (+65.6% de ingestión del pienso A que del pienso M). Mientras que aquellos con GMD menores de 53.5 g/d de GMD presentaron una preferencia más moderada (+16.6% más ingestión del pienso A que del pienso M). Estos datos podrían estar indicando un aumento de las necesidades de alguno de los tres aminoácidos empleados (Lys, sAA o Thr) con el aumento de la velocidad de crecimiento, que mejorarían la GMD de estos animales (Costrel et al., 2011).

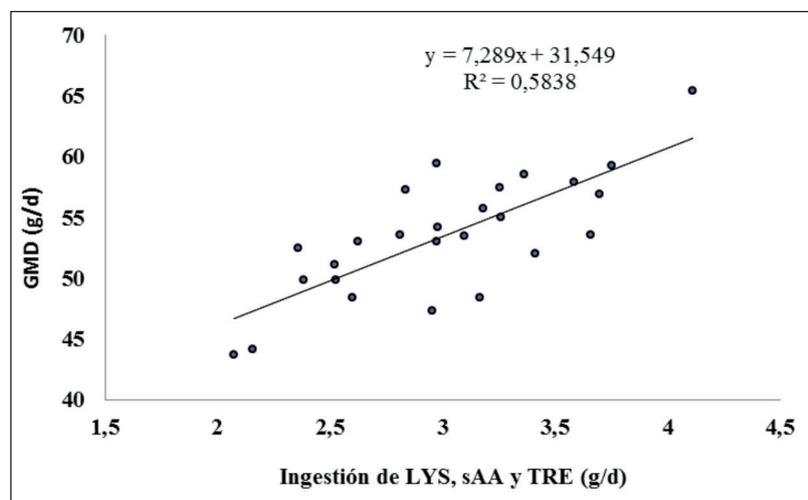


Figura 2. Relación entre la ingestión de los tres aminoácidos estudiados (g/d) y la ganancia media diaria en el periodo total del cebo.

CONCLUSIONES

A la vista de estos resultados se puede concluir que, los conejos de engorde parecen tener la capacidad de elegir entre dietas que difieren en su contenido de aminoácidos, y que, alguno de los aminoácidos empleados en el experimento (lisina, amino ácidos azufrados o treonina) podría estar limitando el crecimiento de conejos de engorde con elevada ganancia media diaria.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido apoyado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) del Gobierno de España (AGL2014-53405-C2-1-P y AGL2017-85162-C2-1-R). También se agradece la beca del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (FPU-2014-01203) concedida a Pablo Jesús Marín García.

BIBLIOGRAFÍA

Carabaño R., Villamide M.J., García J., Nicodemus N., Llorente A., Chamorro S., Menoyo D., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I., De Blas J.C. 2009. New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: a review. *World Rabbit Science*, 17:1-14.

Costrel G., Hess V., Helmbrecht A., Torben M., Sringkote S. 2011. Influence du niveau alimentaire en acmes amines sur les performances et le choix alimentaire des poulets de chair de 14-35 jours en periode de stress lie a la temperatura. En: Neuviemes Journees de la Recherche Avicole. Tours: JRA, pp. 201-206.

de Blas J.C., Gonzalez-Mateos G. 2010. Feed Formulation. En: de Blas C., Wiseman J. (eds). *Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing, Wallingford Oxon, UK, pp. 222-232.

Gidenne T., Jehl N., Segura M., Michalet-Doreau B. 2002. Microbial activity in the caecum of the rabbit around weaning: impact of a dietary fibre deficiency and of intake level. *Animal Feed Science and Technology*, 99:107-118.

Marín-García P.J. 2016. El nitrógeno ureico plasmático como indicador de desequilibrio en aminoácidos en los piensos de conejos. Tesis de Máster, Universidad Politécnica de Valencia, 15 pp.

Marín-García P.J., Blas E., Cervera C., Pascual J.J. 2016. A deficient protein supply could be affecting selection for growth rate in rabbits. En: *68th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Belfast: Wageningen Academic Publishers, pp. 489.

SAS. 2009. User's Guide (release 9.2). SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.

Siegel P.B., Picard M., Nir I., Dunnington E.A., Willemsen M.H.A., Williams P.E.V. 1997. Responses of meat-type chickens to choice feeding of diets differing in protein and energy from hatch to market weight. *Poultry Science*, 76 (9):1183-1192.

EFECTO DEL NIVEL DE FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE SOBRE LA DIGESTIBILIDAD FECAL Y LOS RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS DE GAZAPOS EN CRECIMIENTO

Effect of dietary soluble and insoluble fibre on faecal digestibility and growth performance in growing rabbits

Farías C., Delgado R., Noboa T., Ocasio-Vega C., Abd Elrasoul R.,

Carabaño R., Nicodemus N., García J.*

Departamento de Producción Agraria, ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas,

Universidad Politécnica de Madrid

*Dirección de contacto: javier.garcia@upm.es

RESUMEN

Este trabajo se evaluó si el efecto del nivel de fibra soluble (FS) sobre los rendimientos productivos y digestibilidad fecal aparente de gazapos en cebo depende del nivel de fibra insoluble (FI). Se diseñaron 4 tratamientos de forma factorial (2×2), incluyendo dos niveles de fibra insoluble (FI) (31,4 vs. 39,3% MS para baja fibra insoluble (BajaFI) y alta fibra insoluble (AltaFI), respectivamente) y dos niveles de fibra soluble (FS) (8,7 vs. 12,8 % MS para baja fibra soluble (BajaFS) y alta fibra soluble (AltaFS), respectivamente). De este modo se obtuvieron 4 pienso. Un total de 224 gazapos (510 ± 74,2 g) fueron destetados a los 28 d de edad fueron alojados individualmente según el pienso de la madre y se asignaron a los tratamientos y no se medicaron (56/tratamiento). Como era esperado, el aumento del nivel de fibra insoluble en los piensos redujo la digestibilidad de la MS y de la energía un 12%, mientras que el aumento de fibra soluble aumentó un 3% estas digestibilidades. La digestibilidad fecal de la proteína se redujo un 4% al aumentar la fibra insoluble ($P < 0,001$), pero también se observó una interacción fibra insoluble × fibra soluble ($P = 0,018$) debido a que el aumento de fibra soluble ejerció un efecto positivo cuando se combinó con baja fibra insoluble pero este efecto fue negativo cuando el nivel de fibra insoluble fue alto. Esto implicó que al aumentar el nivel de fibra insoluble se redujese el contenido en energía digestible (un 7%), proteína digestible (un 10%) y de la relación proteína/energía digestibles (un 4%. $P < 0,001$), observándose en todos los casos una interacción fibra insoluble × fibra soluble ($P \leq 0,012$) debido al efecto negativo sobre estas variables de la combinación de valores elevados de fibra insoluble y soluble. Los tratamientos no afectaron la mortalidad que fue menor al 1%. El aumento del nivel de fibra soluble o insoluble tendieron a reducir la velocidad de crecimiento en el periodo global de cebo ($P \leq 0,11$), sin observarse interacción alguna entre ellas. Como era esperado, el nivel de fibra insoluble en el pienso incrementó el consumo y empeoró la eficacia alimenticia en el periodo global de cebo ($P < 0,001$), mientras que el aumento de fibra soluble redujo el consumo ($P = 0,048$) sin modificar la eficacia alimenticia. En conclusión, los rendimientos productivos de los gazapos empeoraron al aumentar el nivel de fibra soluble cuando no hay incidencia de enteropatía. **Palabras clave:** fibra soluble, fibra insoluble, conejas reproductoras.

ABSTRACT

The aim of this work was to study whether the effect of dietary level of soluble fibre (SF) on faecal digestibility and growth performance depended on the level of insoluble fibre (IF) in rabbits. To this end diets

were formulated according to a 2×2 factorial design with two levels of IF (31.4 vs. 39.3% NDF, on DM basis) and two levels of SF (8.7 vs. 12.7 % DM). A total of 224 rabbits (56/diet) were used they were not medicated. As expected, the increase in the level of the dietary insoluble fibre reduced DM and gross energy digestibility by 12%, while the increase in soluble fibre increased these digestibilities by 3%. Fecal protein digestibility was reduced by 4% by increasing insoluble fibre ($P < 0.001$), but an insoluble fibre \times soluble fibre interaction ($P = 0.018$) was also observed because the increase in soluble fibre exerted a positive effect when combined with low insoluble fibre but this effect was negative when the level of insoluble fibre was high. This meant that when the level of insoluble fibre was increased, the content of digestible energy, digestible protein and digestible protein/energy ratio were reduced ($P < 0.001$), being observed in all cases an insoluble fibre interaction \times soluble fibre ($P \leq 0.012$) due to the negative effect on these variables of the combination of high values of insoluble and soluble fibre. Treatments did not affect mortality ($< 1\%$). The increase of soluble and insoluble fibre tended to reduce the growth rate in the whole fattening period ($P \leq 0.11$), with no interaction between them. As expected, the increase of dietary insoluble fibre increased feed intake and worsened the feed efficiency ($P < 0.001$), whereas the increase of soluble fibre only reduced feed intake ($P = 0.048$). In conclusion, increasing the level of soluble fibre when there is no incidence of enteropathy impaired the growth performance in rabbits.

Keywords: soluble fibre, insoluble fibre, growth performance, digestibility, rabbit.

INTRODUCCIÓN

La inclusión de niveles moderados de fibra dietética soluble en el pienso, a partir de pulpa de remolacha, mejora la morfología y funcionalidad de la mucosa intestinal (Gómez-Conde et al., 2007; El Abed et al., 2011) y modifica la microbiota intestinal (Gómez-Conde et al., 2009; Rodríguez-Romero et al., 2012; El Abed et al., 2013), mostrando un efecto positivo sobre la mortalidad (Martínez-Vallespín et al., 2011; Trocino et al., 2013; Delgado et al., 2018). Este efecto positivo podría estar relacionado no solo con el aporte que hace la pulpa de remolacha de fibra soluble sino también con su aporte de fibra insoluble fermentable, especialmente a nivel ileal (Abad-Guamán et al., 2015). Sin embargo, no está claro si la magnitud de este efecto positivo de la fibra soluble depende del nivel de fibra insoluble del pienso. Por ello, el objetivo de este trabajo ha sido estudiar si los efectos observados de la inclusión de fibra soluble dependen del nivel de la fibra insoluble del pienso y evaluar si puede afectar a la digestibilidad fecal aparente y el rendimiento productivo de los mismos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se diseñaron 4 piensos organizados factorialmente (2×2), incluyendo dos niveles de fibra insoluble (FI) (31,4 vs. 39,3% MS para baja fibra insoluble (BajaFI) y alta fibra insoluble (AltaFI), respectivamente) y dos niveles de fibra soluble (FS) (8,7 vs. 12,8 % MS para baja fibra soluble (BajaFS) y alta fibra soluble (AltaFS), respectivamente) (Tabla 1). De este modo se obtuvieron 4 piensos. Los niveles de proteína bruta del pienso fueron del 19,7 y 18,5% MS, para los piensos con menor y mayor nivel de fibra insoluble, mientras que el nivel de almidón fue superior en los piensos con bajo contenido en fibra insoluble. Los piensos con mayor nivel de fibra insoluble se suplementaron con grasa para equilibrar su contenido en energía digestible. De un grupo de hembras multíparas alimentadas con los piensos experimentales previamente descritos, 224 gazapos ($510 \pm 74,2$ g) fueron destetados a los 28 d de edad y fueron alojados individualmente según el pienso de la madre (56/tratamiento). Los gazapos tuvieron acceso *ad libitum* al pienso y al agua (ambos libres de medicación) hasta los 62 días de edad. Para determinar la digestibilidad fecal se utilizaron un total de 40 gazapos (10/tratamiento) elegidos al azar entre los animales que formaban parte del experimento. Durante un periodo de tres días (54-57 d de edad) se recogieron diariamente las heces

duras y se midió el consumo individual de cada animal (acceso *ad libitum* al pienso). Los rendimientos productivos y la digestibilidad se analizaron mediante un análisis de varianza que incluyó como factores fijos el nivel de fibra soluble e insoluble, y su interacción. Además, para los rendimientos productivos se incluyó el peso inicial como covariable. Seis gazapos de los piensos BajaFI/BajaFS, AltaFI/BajaFS y AltaFI/AltaFS se retiraron por muy bajo peso (2/tratamiento), otros 5, 4, 9 y 8 gazapos de cada uno de los cuatro tratamientos se retiraron por tirar pienso y dos gazapos del tratamiento BajaFI/AltaFS murieron (0,9% mortalidad).

Tabla 1. Ingredientes y composición química de los piensos experimentales.

	BajaFI_BajaFS	BajaFI_AltaFS	AltaFI_BajaFS	AltaFI_AltaFS
Ingredientes % MS				
Cebada	15,0	14,1	7,0	5,64
Trigo	15,0	14,1	7,0	5,64
Pulpa de remolacha	0,0	17,0	0,0	17,0
Paja	12,0	9,0	24,19	20,24
Alfalfa deshidratada	10,18	10,18	15,39	15,4
Gluten feed	9,0	3,0	7,1	2,0
Salvado	17,0	6,0	13,5	4,0
Torta de girasol	12,0	17,1	13,0	17,5
Torta de soja	6,0	6,0	6,0	6,0
Manteca	0,0	0,0	3,5	3,5
Melaza de caña	1,0	1,0	1,0	1,0
L-Lisina 50	0,30	0,26	0,28	0,22
Alimet	0,05	0,06	0,07	0,08
L-Treonina	0,10	0,08	0,1	0,06
L-triptófano	0,02	0,02	0,02	0,02
Cloruro de sodio	0,25	0,25	0,25	0,25
Carbonato cálcico	1,6	0,8	1,0	0,4
Fosfato cálcico	0,35	0,9	0,45	0,9
Premix	0,15	0,15	0,15	0,15
Composición química,% MS				
Materia seca	90,3	90,5	90,8	90,6
Proteína bruta	19,7	19,8	18,7	18,3
Fibra dietética total (FDT)	39,8	44,4	48,4	51,9
Fibra neutro detergente (FND)	31,1	31,7	39,6	39,0
Fibra ácido detergente	16,2	17,9	23,0	24,7
Lignina ácido detergente	3,66	3,83	6,64	6,52
Fibra soluble (FDT – FND)	8,67	12,75	8,81	12,90
Almidón	21,2	18,1	11,7	8,63

BajaFI_BajaFS: Bajo nivel de fibra insoluble, bajo nivel de fibra soluble. BajaFI_AltaFS: Bajo nivel de fibra insoluble, alto nivel de fibra soluble. AltaFI_BajaFS: Alto nivel de fibra insoluble, bajo nivel de fibra soluble. AltaFI_AltaFS: Alto nivel de fibra insoluble, alto nivel de fibra soluble.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como era esperado, el aumento del nivel de fibra insoluble en los piensos redujo la digestibilidad de la MS y de la energía un 12%, mientras que el aumento de fibra soluble aumentó un 3% estas digestibilidades (Tabla 1. $P < 0,001$), resultado que no observaron Delgado et al. (2018). La digestibilidad fecal de la proteína se redujo un 4% al aumentar la fibra insoluble ($P < 0,001$), pero también se observó una interacción fibra insoluble \times fibra soluble ($P = 0,018$) debido a que el aumento de fibra soluble ejerció un efecto positivo cuando se combinó con baja fibra insoluble pero este efecto fue negativo cuando el nivel de fibra insoluble fue alto. Esto implicó que al aumentar el nivel de fibra insoluble se redujese el contenido en energía digestible (un 7%), de proteína digestible (un 10%) y de la relación proteína/energía digestibles (un 4%; $P < 0,001$), observándose en todos los casos una interacción fibra insoluble \times fibra soluble ($P \leq 0,012$) debido al efecto negativo sobre estas variables de la combinación de valores elevados de fibra insoluble y soluble.

En este experimento los tratamientos no afectaron la mortalidad que fue menor al 1%, por lo que no fue posible evaluar el posible efecto beneficioso de la fibra soluble sobre la mortalidad en función del nivel de fibra insoluble. En estas circunstancias, el aumento del nivel de fibra soluble o insoluble tendieron a reducir la velocidad de crecimiento en el periodo global de cebo ($P \leq 0,11$. Tabla 3), sin observarse interacción alguna con el nivel de fibra insoluble. Como era esperado, el nivel de fibra insoluble en el pienso incrementó el consumo (un 11%) y empeoró la eficacia alimenticia en el periodo global de cebo (un 12%) ($P < 0,001$), mientras que el aumento de fibra soluble redujo el consumo (un 2%. $P = 0,048$) sin modificar la eficacia alimenticia.

En conclusión, el aumentar el nivel de fibra soluble cuando no hay incidencia de enteropatía tiende a empeorar los rendimientos productivos de los gazapos.

BIBLIOGRAFÍA

Abad-Guamán, R., R. Carabaño, M. S. Gómez-Conde, García, J. 2015. Effect of type of 407 fibre, site of fermentation, and method of analysis on digestibility of soluble and 408 insoluble fibre in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 93: 2860-2871.

Delgado R., Nicodemus N., Abad-Guamán R., Sastre J., Menoyo D., Carabaño R., García J. 2018. Effect of dietary soluble fibre and n-6/n-3 fatty acid ratio on growth performance and nitrogen and energy retention efficiency in growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 239:44-54.

El Abed, N., Delgado, R., Abad, R., Romero, C., Villamide, M. J., Menoyo, D., Carabaño, R., García, J. 2011. Soluble and insoluble fibre from sugar beet pulp enhance intestinal mucosa morphology in young rabbits. In: Proceedings 62nd Annual meeting of the European Federation (Stavanger, Norway) of Animal Science, Book of abstracts. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. pp. 159 (abst.)

El Abed, N., Badiola, I., de Rozas, A. P., González, J., Menoyo, D., Carabaño, R., García, J. 2013. Effect of soluble and insoluble fractions of sugar beet pulp on ileal and caecal microbiota of rabbits after weaning. *World Rabbit Sci.* 21: 207-208. (abst.)

Gómez-Conde M.S., García J., Chamorro S., Eiras P., Rebollar P.G., Pérez de Rozas A., Badiola I., De Blas C., Carabaño R. 2007. Neutral detergent soluble fibre improves gut barrier function in 25 d old weaned rabbits. *J. Anim. Sci.*, 85:3313-3321.

Gómez-Conde M.S., Pérez de Rozas A., Badiola I., Pérez-Alba L., de Blas C., Carabaño R., García J. 2009. Effect of neutral detergent soluble fibre on digestion, intestinal microbiota and performance in twenty five day old weaned rabbits. *Livest. Sci.*, 125:192-198.

Martínez-Vallespín B., Martínez-Paredes E., Ródenas L., Cervera C., Pascual J.J., Blas E. 2011. Combined feeding of rabbit female and young: Partial replacement of starch with acid detergent fibre or/ and neutral detergent soluble fibre at two protein levels. *Livest. Sci.*, 141:155-165.

Rodríguez-Romero N., Abecia L., Fondevila M. 2012. Bacterial profile from caecal contents and soft faeces in growing rabbits given diets differing in soluble and insoluble fibre levels. *Anaerobe*, 18:602-607.

Trocino, A., García, J., Carabaño, R., Xiccato, G., 2013. A meta-analysis on the role of soluble fibre in diets for growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 21:1-15.

Tabla 2. Efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre la digestibilidad fecal aparente de gazapos en crecimiento de 54 días.

n	Piensos						SEM		P-valor		
	BajaFI_BajaFS		AltaFI_AltaFS		AltaFI_BajaFS		AltaFI_AltaFS		FS	FI	FS × FI
	9	8	10	9	FS y FI	FS × FI	FS	FI	FS × FI		
Peso inicial	1961	1856	1939	1904	23,3	32,9	0,041	0,69	0,30		
Consumo, g MS/d	135	128	136	142	3,28	4,63	0,80	0,11	0,18		
Digestibilidad fecal aparente, %											
Materia seca	63,9	66,8	55,7	57,0	0,40	0,57	<0,001	<0,001	0,11		
Energía bruta	67,4	70,4	60,9	61,9	0,37	0,52	<0,001	<0,001	0,061		
Proteína bruta	75,7ab	76,8a	74,5b	72,1c	0,49	0,70	0,38	<0,001	0,018		
Energía digestible, MJ/kg MS	12,1b	12,4a	11,5c	11,3c	0,07	0,10	0,60	<0,001	0,012		
Proteína digestible, % MS	14,9a	15,2a	13,9b	13,2c	0,09	0,13	0,15	<0,001	<0,001		
Ratio [proteína/energía] digestible, g/MJ	12,3a	12,3a	12,1b	11,6c	0,05	0,07	0,002	<0,001	0,006		

BajaFI_BajaFS: Bajo nivel de fibra soluble, bajo nivel de fibra insoluble, alto nivel de fibra soluble. BajaFI_AltaFS: Bajo nivel de fibra insoluble, alto nivel de fibra soluble. AltaFI_BajaFS: Alto nivel de fibra insoluble, bajo nivel de fibra soluble. AltaFI_AltaFS: Alto nivel de fibra insoluble, alto nivel de fibra soluble.

Tabla 3. Efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento.

n	Piensos						SEM		P-valor		
	BajaFI_BajaFS		AltaFI_AltaFS		AltaFI_BajaFS		AltaFI_AltaFS		FS	FI	FS × FI
	51	52	47	48	FS y FI	FS × FI	FS	FI	FS × FI		
Peso inicial 25 d, g	496	459	533	540	6,58	9,30	0,10	<0,001	0,018		
28-42 d edad											
Ganancia de peso, g/d	52,5	51,1	52,6	52,0	0,66	0,93	0,27	0,66	0,65		
Consumo, g/d	107	107	118	118	1,89	2,68	0,91	<0,001	0,97		
Eficacia alimenticia, g/g	0,519	0,489	0,447	0,445	0,01	0,015	0,28	<0,001	0,34		
42-62 d edad											
Ganancia de peso, g/d	50,7	50,3	49,2	47,9	0,50	0,71	0,23	0,011	0,52		
Consumo, g/d	152	148	170	164	1,50	2,15	0,009	<0,001	0,52		
Eficacia alimenticia, g/g	0,336	0,345	0,291	0,294	0,004	0,005	0,28	<0,001	0,58		
28-62 d edad											
Peso 62 d, g	2245	2179	2253	2226	14,6	20,7	0,026	0,19	0,35		
Ganancia de peso, g/d	51,4	50,6	50,6	49,6	0,40	0,56	0,099	0,11	0,87		
Consumo, g/d	133	131	149	145	1,22	1,73	0,048	<0,001	0,65		
Eficacia alimenticia, g/g	0,388	0,391	0,341	0,344	0,003	0,005	0,54	<0,001	0,97		

BajaFI_BajaFS: Bajo nivel de fibra soluble, bajo nivel de fibra insoluble, alto nivel de fibra soluble. BajaFI_AltaFS: Bajo nivel de fibra insoluble, alto nivel de fibra soluble. AltaFI_BajaFS: Alto nivel de fibra insoluble, bajo nivel de fibra soluble. AltaFI_AltaFS: Alto nivel de fibra insoluble, alto nivel de fibra soluble.

EFECTO DEL NIVEL DE FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA CORPORAL, DE LA CANAL Y EL BALANCE NITROGENADO Y ENERGÉTICO EN CONEJOS EN CRECIMIENTO

Effect of dietary soluble and insoluble on body and carcass composition and on nitrogen and energy balance in growing rabbits

Farías C., Delgado R., Allam-Sayed R., Brambillasca S., Ocasio-Vega C.,

Carabaño R., García J., Nicodemus N.*

Departamento de Producción Agraria, ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas,
Universidad Politécnica de Madrid

***Dirección de contacto:** nuria.nicodemus@upm.es

RESUMEN

En el este trabajo se estudió si el efecto, del nivel de fibra soluble (FS), sobre la composición corporal y de canal de conejos en cebo y sus balances en nitrógeno y energía, dependen del nivel de fibra insoluble (FI). Se utilizó un diseño factorial 2×2 con dos niveles de (FI) (31,0 vs. 39,0% FND, sobre MS) y dos niveles de fibra soluble (FS) (8,7 vs. 12,7 % MS) dando lugar a cuatro piensos. La condición corporal se determinó en 156 gazapos (39/ tratamiento) mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA) en los días 28 y 62 de edad. La retención de energía corporal y en la canal tendieron a reducirse al aumentar los niveles de fibra soluble e insoluble ($P \leq 0,084$). La eficacia de retención de la energía digestible en el cuerpo y en la canal tendieron a disminuir con los niveles de fibra soluble e insoluble, exceptuando el grupo de animales alimentados con el mayor nivel de fibra insoluble y un bajo nivel de fibra soluble cuya eficiencia fue muy inferior a la obtenida con un nivel más bajo de fibra insoluble ($P \leq 0,038$). Esto podría deberse a su mayor consumo de energía digestible ($P = 0,033$). La retención de nitrógeno corporal y en la canal se redujo con el aumento del nivel de fibra insoluble ($P \leq 0,044$), sin verse afectado por el de fibra soluble. La eficiencia de retención nitrogenada en el cuerpo y en la canal fue similar entre los grupos exceptuando aquéllos alimentados con alta fibra insoluble y baja fibra soluble ($P \leq 0,061$), probablemente debido al mayor consumo de nitrógeno digestible por parte de estos animales ($P < 0,001$). En este trabajo no se observó un efecto positivo de la fibra soluble sobre las eficacias de retención energética y nitrogenada, posiblemente debido al buen estado sanitario de los animales (mortalidad $< 1\%$). Por su parte, el aumento de la fibra insoluble empeoró la eficiencia de retención de la energía digestible en el cuerpo y en la canal. **Palabras clave:** fibra insoluble, fibra soluble, composición química corporal, eficiencia de retención energética y nitrogenada, conejos.

ABSTRACT

The aim of this work was to study whether the effect of dietary level of soluble fibre (SF) on body and carcass composition, energy and nitrogen balance of rabbits performance depends on the level of inso-

luble fibre (IF). Four diets were formulated according to a 2 × 2 factorial design with two levels of IF (31.0 vs. 39.0% NDF, on DM basis) and two levels of SF (8.67 vs. 12.7 % DM). Body composition was determined in 39 rabbits/diet by bioelectrical impedance analysis at 28 and 62 d of age. Energy retention in the body and in the carcass tended to reduce when soluble and insoluble fibre increased ($P \leq 0.084$). The retention efficiency of digestible energy (DE) in the body and carcass tended to decrease with soluble and insoluble fiber levels, except for the group fed with the highest level of insoluble fiber and a low level of soluble fiber whose efficiency was much lower than that obtained with a lower level of insoluble fiber ($P \leq 0.038$). It could be accounted by their greater DE intake ($P = 0.033$). The retention of body and carcass nitrogen was reduced with the increase in the level of insoluble fibre ($P \leq 0.044$), without being affected by soluble fibre. The nitrogen retention efficiency in the body and in the carcass was similar between the groups, except for those fed high insoluble fiber and low soluble fiber ($P \leq 0.061$) that was much lower, probably due to the greater digestible nitrogen intake ($P < 0.001$). In this work, a positive effect of soluble fibre on energy and nitrogen retention efficiencies was not observed, possibly due to the good health status of the animals (mortality <1%). On the other hand, the increase in insoluble fibre worsened the retention efficiency of the digestible energy in the body and in the carcass

Keywords: insoluble fibre, soluble fibre, body and carcass composition, nitrogen and energy retention efficiency, rabbit.

INTRODUCCIÓN

La utilización de distintos niveles y tipos de fibra condiciona la eficiencia de retención energética y nitrogenada en conejos en crecimiento. La inclusión de niveles de pulpa de remolacha iguales o superiores al 35% en el pienso en sustitución de la cebada reduce la eficiencia de retención de la energía y proteína (García et al., 1993), mientras que la inclusión de un 30% de pulpa de remolacha en sustitución alfalfa y algo de cebada no modificó estos valores (Carabaño et al., 1997). Sin embargo, cuando se incluye en el pienso un nivel moderado de pulpa de remolacha (18%) en sustitución de salvado y paja se mejoró la eficiencia alimenticia y la eficiencia de retención de la proteína y de la energía digestibles (Delgado et al., 2018). El objetivo de este trabajo fue evaluar si este efecto de la fibra soluble depende del nivel de fibra insoluble del pienso. En la comunicación anterior comprobamos que la inclusión de fibra soluble cuando no hay mortalidad empeoró la velocidad de crecimiento sin modificar el consumo y la eficacia alimenticia (Farías et al., 2018).

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se utilizaron los mismos piensos descritos en la comunicación de Farías et al. (2018) y los animales procedieron del mismo grupo anterior. En 39 gazapos/tratamiento se determinaron la composición corporal y la composición de la canal, mediante la técnica de impedancia bioeléctrica a los 28 y 62 d de edad utilizando las ecuaciones descritas por Saiz et al. (2013a, b y 2017). Los balances tanto de nitrógeno como de energía se estimaron siguiendo la metodología utilizada por Delgado et al. (2018). Los valores obtenidos se analizaron mediante un modelo mixto que incluyó como factores fijos el nivel de fibra soluble e insoluble, y su interacción. El peso y la composición química (humedad, proteína, grasa, cenizas) y energía a los 28 días fueron usadas como covariables en el análisis de la composición química corporal y de la canal a los 62 días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de proteína tanto del cuerpo como de la canal de los gazapos de 62 d de vida aumentó con el nivel de fibra soluble ($P \leq 0,023$. Tabla 1) y tendieron a aumentar con el nivel de fibra insoluble ($P \leq 0,091$).

Por el contrario, el contenido de grasa de la canal (y no a nivel corporal) se redujo con el nivel de fibra soluble ($P = 0,013$) y tendió a reducirse con el nivel de fibra insoluble ($P = 0,075$). Estos resultados contrastan con la mínima incidencia que tuvo la fibra soluble sobre la composición química de los gazapos observada por Delgado et al. (2018), si bien en ambos casos los grupos que mostraron menor velocidad de crecimiento presentaron una mayor proporción de proteína corporal y en la canal. La retención de energía corporal y en la canal tendieron a reducirse al aumentar los niveles de fibra soluble e insoluble ($P \leq 0,084$, Tabla 2). La eficacia de retención de la energía digestible en el cuerpo y en la canal también mostraron una tendencia a disminuir con los niveles de fibra soluble e insoluble, exceptuando el grupo de animales alimentados con el mayor nivel de fibra insoluble y un bajo nivel de fibra soluble mostraron una eficiencia muy inferior en comparación con lo observado con un nivel más bajo de fibra insoluble, dando lugar a una interacción fibra soluble \times fibra insoluble ($P \leq 0,038$). Este hecho podría deberse a que el consumo de energía digestible de los gazapos alimentados con mayor nivel de fibra insoluble fue superior al combinarse ésta con un bajo nivel de fibra soluble que con uno alto ($P = 0,033$). Esto implicó que la inclusión de fibra soluble empeorase la eficiencia de retención de energía digestible cuando el nivel de fibra insoluble fue más bajo, a diferencia de lo observado por Delgado et al. (2018), mientras que cuando el nivel de fibra insoluble fue mayor la inclusión de fibra soluble tendió a mejorarla. La retención de nitrógeno corporal y en la canal se redujo con el aumento del nivel de fibra insoluble ($P \leq 0,044$), sin verse afectado por el de fibra soluble. La eficiencia de retención nitrogenada en el cuerpo y en la canal fue similar entre los animales de todos los tratamientos exceptuando aquéllos alimentados con alta fibra insoluble y baja fibra soluble ($P \leq 0,061$), probablemente debido al mayor consumo de nitrógeno digestible por parte de estos animales ($P < 0,001$). En este trabajo no se observó un efecto positivo de la fibra soluble sobre las eficacias de retención energética y nitrogenada como observaron Delgado et al. (2018). Estas discrepancias podrían deberse al mejor estado sanitario de los gazapos o al mayor nivel de proteína de los piensos utilizados en este trabajo, que entre otros efectos implicaron unas mayores pérdidas energéticas en orina+extracalor y nitrogenadas en orina. Por su parte, el aumento de la fibra insoluble empeoró la eficiencia de retención de la energía digestible en el cuerpo y en la canal.

BIBLIOGRAFÍA

Carabaño R., Motta-Ferreira W., de Blas J.C., Fraga M.J. 1997. Substitution of sugar beet pulp for alfalfa hay in diets for growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 65, 249-256.

Delgado R., Nicodemus N., Abad-Guamán R., Sastre J., Menoyo D., Carabaño R., García J. 2018. Effect of dietary soluble fibre and n-6/n-3 fatty acid ratio on growth performance and nitrogen and energy retention efficiency in growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 239, 44-54.

Farías C., Delgado R., Noboa T., Ocasio-Vega C., Allam-Sayed R., Carabaño R., Nicodemus N., García J. 2018. Efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre la digestibilidad fecal y el rendimiento productivo de conejos en crecimiento. XLIII Symposium de Cunicultura. Calamocha, pp. 52-57.

García G., Gálvez J.F., de Blas, J.C. 1993. Effect of substitution of sugarbeet pulp for barley in diets for finishing rabbits on growth performance and on energy and nitrogen efficiency. *J. Anim. Sci.*, 71, 1823-1830.

Saiz A., García-Ruiz A.I., Martín E., Fernández A., Nicodemus N. 2013a. Aplicación de la técnica de Impedancia Bioeléctrica al estudio de la composición química de la canal de conejos de 35 a 63 días de edad. In: XXXVIII Symposium de Cunicultura de ASESCU. Zamora, Spain. p. 162-165.

Saiz A., García-Ruiz A.I., Martín E., Fernández A., Nicodemus N. 2013b. Evaluación de la técnica de Impedancia Bioeléctrica (BIA) para estimar la composición química de la canal de conejos de 35 a 63 días de edad. In: XXXVIII Symposium de Cunicultura de ASESCU. Zamora, Spain. p. 166-169.

Saiz A., García-Ruiz A.I., Fuentes-Pila J., Nicodemus N. 2017. Application of bioelectrical impedance analysis to asses rabbit's body composition from 25 to 77 days of age. *J. Anim. Sci.*, 95, 2782-2793.

Tabla 1. Efecto de la fibra soluble e insoluble sobre la composición química y el contenido energético corporal y de la canal en gazapos de 28 y 62 de edad.

n	Piensos				SEM		P-valor			
	BajaFI_	BajaFS_	AltaFI_	AltaFI_	FI y FS	FI × FS	FS	FI	FI × FS	
	BajaFS	AltaFS	BajaFS	AltaFS						
	34	36	32	33						
28 d, corporal										
Peso vivo	497	457	540	539	8,43	11,9	0,082	<0,001	0,098	
Humedad	73,3	73,1	72,9	73,2	0,10	0,11	0,87	0,35	0,16	
Proteína	59,0	59,3	58,5	58,6	0,10	0,14	0,17	<0,001	0,55	
Grasa	22,5	22,3	23,4	23,4	0,10	0,14	0,59	<0,001	0,53	
Cenizas	11,8	11,6	11,6	11,5	0,04	0,05	0,55	<0,001	0,69	
Energía	2151	2169	2168	2169	2,42	3,42	0,29	<0,001	0,57	
62 d, corporal										
Peso vivo	2246	2191	2187	2168	16,1	22,9	0,087	0,099	0,40	
Humedad	66,2	66,8	66,8	67,4	0,17	0,24	0,019	0,014	0,89	
Proteína, %	47,8	48,5	48,4	48,9	0,16	0,23	0,006	0,051	0,61	
Grasa	34,8	34,0	33,9	33,7	0,32	0,45	0,22	0,29	0,44	
Cenizas	10,1	10,2	10,2	10,1	0,10	0,14	0,91	0,98	0,30	
Energía	2413	2398	2397	2401	8,51	12,1	0,65	0,59	0,41	
28 d, canal										
Humedad	71,0	71,2	71,2	71,2	0,09	0,13	0,33	0,55	0,47	
Proteína	60,0	59,8	59,9	59,9	0,06	0,08	0,39	0,81	0,37	
Grasa	19,7	20,2	20,3	20,0	0,16	0,23	0,81	0,40	0,065	
Cenizas	18,5	19,3	18,9	18,6	0,11	0,15	0,12	0,25	<0,001	
Energía	2054	2034	2065	2064	7,55	10,7	0,33	0,057	0,40	
62 d, canal										
Humedad	62,8	63,3	63,7	64,1	0,22	0,32	0,14	0,024	0,85	
Proteína	53,3	54,0	53,9	54,2	0,15	0,22	0,023	0,091	0,44	
Grasa	32,7	31,6	31,8	31,1	0,25	0,36	0,013	0,075	0,72	
Cenizas	14,8	15,3	15,4	15,5	0,14	0,20	0,17	0,053	0,33	
Energía	2557	2510	2493	2476	17,2	24,4	0,17	0,061	0,52	

BajaFI_BajaFS: Baja fibra insoluble, baja fibra soluble. BajaFI_AltaFS: Baja fibra insoluble, alta fibra soluble. AltaFI_BajaFS: Alta fibra insoluble, baja fibra soluble. AltaFI_AltaFS: Alta fibra insoluble, alta fibra soluble. a-c Las medias de cada dieta con letras diferentes en la misma fila indican que difieren en $P < 0,05$. Covariables: peso al destete (28 d) y composición química y contenido energético inicial. Peso vivo: g. Humedad, proteína, grasa y cenizas: %. Energía: kJ/100g PV.

Tabla 2. Efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre el balance nitrogenado y energético de gazapos entre los 28 y 62 d de edad.

	Piensos						SEM				P-valor			
	BajaFI_		BajaFI_		AltaFI_		AltaFI_	AltaFI_	FI-FS	FI×FS	Cov	FS	FI	FI×FS
	BajaFS	AltaFS	BajaFS	AltaFS	BajaFS	AltaFS								
N	34	36	32	33										
PV ^{0,75} , kg	1,27	1,25	1,25	1,24	0,006	0,008	<0,001	0,10	0,087	0,39				
Balance de energía, 28-62 d														
EDi, MJ/kg PV ^{0,75} /d	1,15 ^c	1,17 ^{b,c}	1,25 ^a	1,20 ^b	0,012	0,017	0,066	0,28	<0,001	0,033				
ER in vivo, kJ/kg PV ^{0,75} y d	354	339	338	333	4,04	5,60	0,18	0,067	0,068	0,41				
ER canal, kJ/kg PV ^{0,75} y d	219	209	206	203	2,83	4,01	0,021	0,084	0,030	0,35				
ER in vivo /EDi	0,309 ^a	0,294 ^{a,b}	0,270 ^c	0,279 ^{b,c}	0,004	0,006	0,022	0,61	<0,001	0,038				
ER canal /EDi	0,191 ^a	0,181 ^b	0,165 ^c	0,170 ^{b,c}	0,003	0,004	0,002	0,53	<0,001	0,032				
Piel y vísceras, MJ/kg PV ^{0,75} y d	0,136	0,130	0,133	0,129	0,003	0,004	0,73	0,24	0,63	0,79				
Heces, MJ/kg PV ^{0,75} y d	0,557	0,490	0,795	0,738	0,006	0,009	0,083	<0,0011	<0,001	0,53				
Orina+producción calor, MJ/kg PV ^{0,75}	0,793 ^c	0,827 ^{b,c}	0,916 ^a	0,868 ^{a,b}	0,012	0,018	0,036	0,67	<0,001	0,021				
Balance de nitrógeno, 28-62 d														
NDi, g NDi/kg PV ^{0,75} /d	2,26 ^b	2,28 ^b	2,42 ^a	2,23 ^b	0,02	0,03	0,07	0,018	0,11	0,001				
NR in vivo, g/kg PV ^{0,75} y d	1,13	1,12	1,09	1,10	0,009	0,01	<0,001	0,74	0,044	0,47				
NR canal, g/kg PV ^{0,75} y d	0,711	0,696	0,682	0,676	0,007	0,009	0,012	0,28	0,017	0,57				
NR in vivo /NDi	0,503	0,495	0,453	0,495	0,006	0,009	0,16	0,061	0,010	0,061				
NR canal/NDi	0,392 ^a	0,382 ^a	0,353 ^b	0,383 ^a	0,004	0,006	0,057	0,092	0,005	0,001				
Piel y vísceras, g N/kg PV ^{0,75} y d	0,418	0,421	0,411	0,421	0,008	0,01	0,004	0,58	0,77	0,76				
Heces, g/kg PV ^{0,75} y d	0,725 ^c	0,691 ^d	0,812 ^b	0,867 ^a	0,008	0,01	0,051	0,32	<0,001	<0,001				
Orina, g/kg PV ^{0,75} y d	1,13 ^b	1,17 ^b	1,33 ^a	1,13 ^b	0,03	0,04	0,93	0,035	0,028	0,001				

BajaFI_BajaFS: Baja fibra insoluble, baja fibra soluble. BajaFI_AltaFS: Baja fibra insoluble, alta fibra soluble. AltaFI_BajaFS: Alta fibra insoluble, baja fibra soluble. AltaFI_AltaFS: Alta fibra insoluble, alta fibra soluble. a-c Las medias de cada dieta con letras diferentes en la misma fila indican que difieren en P < 0,05.

EDi (MJ/kg PV^{0,75} y d): Energía digestible ingerida. ER (kJ/kg PV^{0,75}/d): energía bruta retenida; ER: Energía retenida. Piel y vísceras (MJ/kg PV^{0,75}): (EB retenida corporal – EB retenida canal)/ kg PV^{0,75}. Heces (MJ/kg PV^{0,75}): (EBi – EDi)/kg PV^{0,75}. Orina+producción calor (MJ/kg PV^{0,75}): (EDi – EB retenida canal – EB excretada en piel y vísceras)/kg PV^{0,75}. NDi (g NDi kg PV^{0,75} y d): Nitrogeno digestible ingerido. NR (g/kg PV^{0,75}/d): g N retenido; Piel y vísceras (g N/kg PV^{0,75}): (g N retenido corporal – g N retenido canal)/ kg PV^{0,75}. Heces (g/kg PV^{0,75}): (N total ingerido – NDi)/kg PV^{0,75}. Orina (g/kg PV^{0,75}): (NDi – N retenido canal – N excretado en piel y vísceras)/ kg PV^{0,75}. Cov. Peso inicial.

EFEECTO DE LA INCLUSIÓN DE GALACTOMANANOS EN EL PIENSO SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES EN CONEJOS EN CRECIMIENTO

Effect of dietary inclusion of galactomannans on nutrient digestibility in growing rabbits

Zemzmi J.^{1*}, Ródenas L.², Blas E.², Abdouli H.¹, Najjar T.³, Pascual J.J.²

¹ Laboratory of Improvement & Integrated Development of Animal Productivity & Food Resources,
Higher School of Agriculture of Mateur, University of Carthage, Tunisia

² Institute for Animal Science and Technology, University Politécnica de Valencia; Valencia, Spain

³ National Agronomic Institute of Tunisia, University of Carthage, Tunisia

*Dirección de contacto: zemji@doctor.upv.es

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue estudiar el efecto de la goma de semillas de alholva (GSA), rica en galactomananos, sobre los coeficientes de digestibilidad aparente de conejos jóvenes en dos períodos, 38 y 56 días de edad. Se formularon tres dietas experimentales con niveles crecientes de GSA: 0, 0.25 y 0.5%. Las tres dietas se administraron a tres grupos de 15 conejos en jaulas individuales desde el destete (31 días) hasta el sacrificio (94 días). De estos animales, se utilizaron 10 conejos por tratamiento para estimar el consumo de materia seca (IMS) y los coeficientes de digestibilidad aparente para materia seca (dMS), materia orgánica (dMO), proteína bruta (dPB), fibra neutro detergente (dFND) y fibra ácido detergente (dFAD). No hubo ningún efecto significativo del nivel de GSA sobre la IMS y los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes evaluados, pero se observó un aumento significativo de la IMS, dMS, dFND y dFAD con la edad ($P < 0.05$). No obstante, se observó un aumento lineal relevante de la dFAD y, especialmente, de la dFND con la inclusión de GSA (+2.52 puntos porcentuales por cada 0.5% de aumento del GSA; $P < 0.10$). Los resultados de este estudio muestran que la inclusión en la dieta de galactomananos no afectó la digestibilidad de los nutrientes estudiados, aunque no puede descartarse que mejore la digestibilidad de la fracción fibrosa.

Palabras clave: semillas de alholva, galactomananos, conejo, digestibilidad.

ABSTRACT

The aim of this work was to study the effect of fenugreek seeds gum (FSG), rich on galactomannans, on the apparent digestibility coefficients of young rabbits in two periods, 38 and 56 days of age. Three experimental diets were formulated with increasing levels of the FSG: 0, 0.25 and 0.5%. The three diets were administrated to three groups of 15 rabbits housed in individual cages from weaning (31 days) to slaughter (94 days). From these animals, 10 rabbits per treatment were used to estimate dry matter intake (DMI) and the apparent digestibility coefficients for dry matter (dDM), organic matter (dOM), crude protein (dCP), neutral detergent fiber (dNDF) and acid detergent fiber (dADF). There was not any significant effect of FSG level on the DMI and the apparent digestibility coefficients of nutrients evaluated, but a significant increase of DMI, dDM, dNDF and dADF with the age was observed ($P < 0.05$). Nevertheless, a relevant linear increase of dADF and, especially, of dNDF was observed (+2.52 points of percentage per each 0.5% increase of FSG; $P < 0.10$). The results of this study show that dietary inclusion of galactomannans did not affect digestibility of nutrients

evaluated, although it cannot be ruled out that it improves the digestibility of the fibrous fraction.

Keywords: fenugreek seeds gum, galactomannan, rabbit, digestibility.

INTRODUCCIÓN

La fibra dietaria se puede considerar como el “dinosaurio” de los alimentos funcionales, siendo muy recomendable su inclusión en la alimentación del conejo para reducir la incidencia de trastornos digestivos después del destete. Es conocida su funcionalidad a nivel de mucosa y su papel como sustrato para la microbiota intestinal, por lo que afecta directamente a la salud digestiva.

La fibra soluble se puede definir como la diferencia entre la fibra dietaria total y la fibra neutro detergente (Gidenne, 2015). Las gomas son una conocida fracción de la fibra soluble, especialmente presente en semillas de leguminosas. Son compuestos solubles en agua que tienden a no ser digeridos por el animal pero son fácilmente fermentables por la microbiota intestinal hasta ácidos grasos de cadena corta.

Las semillas de alholva (*Trigonella foenum-graecum*) son ricas en dicha fracción, especialmente en galactomananos (GM). Los GM están constituidos por una cadena principal de manosa unida por enlaces $\beta[1\rightarrow4]$ a cadenas laterales de galactosa. El número de puntos de ramificación es habitualmente alto, lo que los hace fácilmente solubles en agua.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el efecto de la inclusión de un extracto de semillas de alholva rico en GM en los coeficientes de digestibilidad aparente de los conejos de engorde.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la extracción de la goma, tal y como describen Zemzmi et al. (2017), las semillas de alholva se molieron con un tamiz de 2 mm de diámetro, se desengrasaron con hexano-isopropanol (3/2, v/v) y se extrajeron en agua destilada durante 24 horas. Posteriormente, las gomas se precipitaron con etanol 95°, lavándose con acetona. Finalmente, el extracto se liofilizó y molió para obtener un polvo homogéneo de GM de goma de semilla alholva (GSA).

Se fabricaron tres piensos experimentales, a partir de un pienso comercial de conejo (Tabla 1), que difirieron en el contenido en GSA: 0, 0.25, 0.5%. Para su inclusión, la cantidad adecuada de GSA se solubilizó con agua destilada, que se usó para pulverizar el pienso comercial, el pienso control se pulverizó con el mismo volumen de agua. Los piensos se secaron a temperatura ambiente.

Tabla 1. Composición química del pienso basal (% MS).

MS	Cenizas	MO	PB	EE	FND	FAD	LAD	FDT	FS	Almidón
90,25	10,20	89,79	17,07	2,64	39,14	24,56	3,30	46,04	6,90	12,42

MS: materia seca. MO: materia orgánica. PB: proteína bruta. EE: extracto etéreo. FND: fibra neutro detergente. FAD: fibra ácido detergente. LAD: lignina ácido detergente. FDT: fibra dietaria total. FS: fibra soluble.

Los piensos se administraron a tres grupos de 15 conejos, alojados en jaulas individuales, desde el destete (31 días) hasta el sacrificio (94 días). De estos animales, 10 conejos por tratamiento se utilizaron para determinar la ingestión de materia seca (IMS) y los coeficientes de digestibilidad aparente para materia seca (dMS), materia orgánica (dMO), proteína bruta (dPB), fibra neutro detergente (dFND) y fibra ácido detergente (dFAD), en dos periodos de cuatro días de colecta fecal, de 38 a 41 días y de 56 a 59 días. Los coeficientes de digestibilidad para el extracto etéreo (dEE), la fibra dietaria total (dFDT) y la fibra soluble (dFS) también se determinaron pero a partir del conjunto de heces de cada tratamiento. El

análisis químico de los piensos y las heces se realizó siguiendo los métodos oficiales de la AOAC (2000) para MS, cenizas, EE, PB y FDT, y los de Van Soest et al. (1991) para FND, FAD, LAD y FS (FDT-FND, ambas corregidas por cenizas y PB).

Los datos de ingestión y digestibilidad fueron analizados mediante un procedimiento GLM de SAS (1996), donde el modelo incluyó como efecto fijo el nivel de inclusión de GSA.

Tabla 2. Efecto del nivel de inclusión de de goma de semillas de alholva (GSA) en el pienso sobre los coeficientes de digestibilidad aparente de conejos de engorde.

	GSA (%)			Edad (d)		SEM	Nivel de significación		
	0	0.25	0.5	38	56		GSA	Edad	GSA×Edad
Ingestión (g MS/d)	105.4	102.3	103.4	91.0	116.4	2.1	NS	***	NS
Digestibilidad (%):									
dMS	52.68	53.83	52.59	51.96	54.11	0.70	NS	*	NS
dMO	52.75	54.17	52.64	52.43	53.94	0.67	NS	NS	NS
dPB	63.39	65.84	64.71	64.93	64.36	0.94	NS	NS	NS
dFND ¹	20.86	22.44	23.38	19.77	24.68	1.06	NS	**	NS
dFAD ¹	5.67	6.20	8.28	4.34	9.10	1.17	NS	*	NS
dEE	85.94	85.85	85.89	86.52	85.27	-	-	-	-
dFDT	25.18	26.98	26.71	25.00	27.58	-	-	-	-
dFS	53.36	57.38	55.92	56.77	54.34	-	-	-	-

SEM: error estándar de la media; MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; EE: extracto etéreo; FDT: fibra dietaria total; FS: fibra soluble.

Nivel de significación: *P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001; NS: no significativo.

¹Efecto lineal del nivel de inclusión de GSA (P<0.10).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal y como observamos en la Tabla 2, el nivel de inclusión de GSA en el pienso no tuvo ningún efecto sobre la ingestión de pienso durante la prueba de digestibilidad, que se mantuvo en valores normales. Por otra parte, la inclusión de GSA en el pienso no tuvo ningún efecto significativo sobre los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes evaluados, pero se observó un aumento significativo en los de MS, FND y FAD con la edad (P<0.05). Evans y Jebelian (1982) observaron que la digestibilidad de la FAD aumentaba 0.95 puntos de porcentaje por semana entre las 5 y las 12 semanas de edad, aunque este efecto no se reflejaba en la digestibilidad de la MS. Debe destacarse que los efectos atribuidos a la edad de los animales están confundidos con los derivados de la mera replicación de la toma de datos en momentos distintos.

Aunque la inclusión de GSA en el pienso no afectó significativamente a la digestibilidad de los principales nutrientes estudiados, se observó que la digestibilidad de alguna de las fracciones fibrosas tendía a aumentar linealmente con la inclusión de GSA. Así, podemos observar un aumento lineal relevante de dADF y, especialmente, de dNDF al incluir GSA en el pienso (+2.52 puntos de porcentaje por cada 0.5% de aumento de GSA; P<0.10). Esto podría deberse al efecto prebiótico de los galactomananos sobre la microbiota ileal y cecal, estimulando el crecimiento de la microbiota que utiliza la fracción fibrosa. De hecho, Trocino et al. (2013), en un meta-estudio sobre la fibra soluble, ponen de manifiesto que el aumento de fibra soluble de la dieta está correlacionado positivamente con la mejora de la digestibilidad de las restantes fracciones fibrosas; estos autores proponen que aumentar el contenido de fibra soluble en la dieta

puede estimular el crecimiento de la microbiota fibrolítica, como puede estar ocurriendo con la inclusión de galactomananos, aumentando así la utilización tanto en el íleon como en el ciego de las fracciones de fibra insoluble, como pueden ser las hemicelulosas y la FAD (Gómez-Conde et al., 2007; 2009).

En conclusión, los resultados muestran que la inclusión de galactomananos en el pienso no afectó a la digestibilidad de los nutrientes estudiados, aunque no puede descartarse que mejore la digestibilidad de la fracción fibrosa. Para un mejor conocimiento de su posible acción, son necesarios estudios sobre cómo puede afectar el nivel de galactomananos, a la microbiota y al ambiente microbiano cecal.

AGRADECIMIENTOS

El equipo quiere agradecer a las universidades e instituciones que están apoyando este trabajo, la Universidad de Cartago, el Instituto Nacional de Agronomía de Túnez y al Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia (España).

BIBLIOGRAFÍA

Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th edition. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

Evans E., Jebelian V. 1982. Effects of age upon nutrient digestibility by fryer rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 5(1): 8-9.

Gidenne T. 2015. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health. *Animal* 9: 227-242.

Gómez-Conde M.S., Pérez de Rozas A., Badiola I., Pérez-Alba L., de Blas C., Carabaño R., García J. 2009. Effect of neutral detergent soluble fiber on digestion, intestinal microbiota and performance in twenty-five-day-old weaned rabbits. *Livestock Science* 125: 192-198.

Gómez-Conde M.S., García J., Chamorro S., Eiras P., Rebollar P.G., De Rozas A.P., Badiola I., De Blas C., Carabano R. 2007. Neutral detergent soluble fiber improves gut barrier function in twenty-five-day-old weaned rabbits. *Journal of Animal Science* 85: 3313-3321.

Statistical Analysis Systems Institute. 1996. User's guide statistics. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC.

Trocino A., García J., Carabaño R., Xiccato G. 2013. A meta-analysis of the role of soluble fiber in diets for growing rabbits. *World Rabbit Science* 21: 1-15.

Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.

Zemzmi J., Mabrouki S., Abdouli H., Najjar T. 2017. Preliminary characterization of fenugreek seeds gum for use as prebiotic in rabbits' nutrition. The 20th International Symposium on housing and diseases of rabbits, fur providing animals and pet animals, May 17-18 in Celle.