

EFECTO DE LA FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE DE LA PULPA DE REMOLACHA SOBRE LA FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE GAZAPOS DESTETADOS A 25 d

El Abed, Nourhan, Delgado, Rebeca, Abad Rodrigo, Menoyo David, García Javier, Carabaño Rosa

Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid, España.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la fracción soluble e insoluble de la pulpa de remolacha (PR) sobre la fisiología digestiva en gazapos tras el destete. Se formuló el pienso control (C) con el nivel de fibra soluble más bajo (3%) y la dieta SBP con el nivel más alto (9%). Las fracciones soluble e insoluble de la PR fueron estudiadas por separado sustituyendo el almidón o la fibra insoluble de la dieta C por las pectinas de PR (Betapec RU 301) o la fibra insoluble de la PR, respectivamente, obteniendo así las dietas Pectin y InsSBP. Los 4 piensos tuvieron niveles similares de fibra insoluble (FND 33%) y proteína (16% MS). Se utilizaron 196 gazapos, destetados con 25 días de edad, bloqueados por camada y asignados al azar a los 4 tratamientos. Tras 10 d los animales fueron sacrificados y se determinó el peso del aparato digestivo, la viscosidad ileal, el pH cecal y la morfología intestinal. Los pesos del ciego y del tracto digestivo fueron mayores ($P<0,05$) en los animales de los tratamientos InsSBP y SBP comparados con los tratamientos C y Pectin, siendo intermedio el peso del ciego de los animales alimentados con el pienso Pectin. Estos últimos mostraron el peso de estómago el más bajo ($P<0,05$). Los valores del pH cecal más elevados han sido registrados en los animales alimentados con el pienso control, mientras que los más bajos se registraron con la dieta InsSBP, siendo los valores de las dietas Pectin y SBP intermedios. Los gazapos alimentados con el pienso SBP mostraron la relación villi/cripta más elevada y aquéllos alimentados con el pienso control la más reducida, mientras que el resto de animales de los tratamientos Pectin y InsSBP mostraron valores intermedios. La inclusión en la dieta de conejos tanto de la PR como cualquiera de sus fracciones fibrosas (insoluble y soluble) aumenta la viscosidad ileal respecto al pienso control ($P<0,05$), aunque los valores más elevados fueron encontrados en los animales alimentados con el pienso Pectin. El pienso SBP mostró valores intermedios entre los piensos Pectin y InsSBP. Igualmente, el número de las células caliciformes ha tenido una tendencia similar a estos resultados. En conclusión, la fracción insoluble ejerce más influencia en el peso del aparato digestivo y la acidez del ciego. La fracción soluble afecta más a la viscosidad y el número de células caliciformes, mientras que ambas fracciones muestran un efecto aditivo sobre la relación villi/cripta.

Palabras claves: *Pulpa de remolacha, fibra soluble, fibra insoluble, conejos.*

INTRODUCCIÓN

La fibra soluble (FS) está considerada como un nutriente funcional en la alimentación de conejos, visto que genera cambios considerables tanto a nivel de la microbiota del tracto digestivo como en la funcionalidad de la propia mucosa intestinal y el sistema inmune ligado a la mucosa (Gómez-Conde et al., 2007). También la FS permite reducir la tasa de mortalidad de los animales tanto a nivel experimental como a nivel de granja (Soler et al., 2004; Xiccato et al., 2008; Gómez-Conde et al., 2009). Existen muchas ingredientes que pueden ser considerados como fuentes de FS, entre ellos la pulpa de remolacha (PR), que siendo una materia prima rica en pectinas, es la más utilizada para incrementar el nivel de FS en las dietas de conejos. Sin embargo la PR tiene otros componentes fibrosos no solubles, pero fermentables, resultando difícil definir y separar el efecto de los diferentes componentes de la PR. El objetivo de este trabajo fue establecer si las fracciones soluble e insoluble de la PR ejercen los mismos efectos sobre la fisiología digestiva.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se prepararon 4 piensos con niveles similares de FND y proteína bruta (Tabla 1). El pienso control (C) fue formulado a base de almidón de trigo y caseína (36 y 15,5 % respectivamente) y de paja de trigo y cascarilla de girasol como fuentes de fibra insoluble (18 % cada una) resultando 3,7 g FS/100 g MS. El 40% de los ingredientes fibrosos del pienso C fueron sustituidos por la PR para obtener la dieta SBP (9,7 g FS/100 g MS) o por la fibra insoluble de la PR (obtenida extrayendo la fibra soluble de la PR con una solución neutro detergente en caliente) para conseguir el pienso InsSBP (3 g FS/100 g MS). Para obtener el pienso pectin, 6% del almidón de trigo de la dieta C se reemplazó por las pectinas extraídas de la PR (8,2 g FS/100 g MS).

Tabla 1: Ingredientes y composición química de las dietas experimentales

	Control	Pectin	SBP	InsSBP
Ingredientes, %				
Paja de trigo	18,0	18,0	11,1	11,1
Cascarilla de girasol	18,0	18,0	11,1	11,1
Pulpa de remolacha	—	—	26,0	—
Pulpa de remolacha insoluble ¹	—	—	—	14,0
Pectinas ²	—	6,0	—	—
Almidón de trigo	36,0	30,0	26,7	36
Caseína	15,4	15,4	14,4	15,6
Lignicelulosa ³	5,0	5,0	3,1	3,1
Sacarosa	—	—	—	1,5
Heno de alfalfa-Yb	0,5	0,5	0,5	0,5
Otros ⁴	7,6	7,6	7,6	7,6
Composición química, % MS				
Proteína bruta	16,2	15,9	16,2	16,1
Fibra neutro detergente	32,4	32,1	33,0	32,5
Fibra acido detergente	19,8	19,5	20,2	19,5
Lignina acido detergente	4,84	4,38	4,38	3,34
Fibra soluble (TDF-IDF)	3,7	8,4	9,7	3,0

¹: Obtenido después del lavado de la pulpa de remolacha con solución NDF caliente. ²: pectina extraídas de la pulpa de remolacha. ³: Arbocel. ⁴(%): aceite de soja, 3,75; cloruro de sodio 0,7; fosfato de calcio 0,9; carbonato de calcio 0,9; DL-metionina 0,1; Exal 0,25; minerales y vitaminas 0,5.

Un total de 196 conejos destetados a 25 días de edad y con un peso de 445 ± 79 g fueron bloqueados por camadas y asignados al azar a los 4 piensos experimentales (49 animales/tratamiento). Los animales fueron alojados individualmente y alimentados ad libitum durante 10 días después del destete. Durante este periodo, se controlaron los pesos de los animales, el consumo y la mortalidad para calcular el consumo medio diario, la ganancia media diaria y el índice de conversión. A los 35 días de edad, los animales fueron sacrificados entre 19:00 y 21:00 h. Inmediatamente, se pesaron el tracto digestivo, estómago y ciego (34 gazapos/tratamiento) y se midió el pH cecal (19 gazapos/tratamiento). También se recogió la digesta ileal para determinar la viscosidad ileal (16 gazapos/dieta). Se tomaron 6 cm de la mitad del yeyuno (15 gazapos/tratamiento) y conservados en formol al 10% (pH $7,3 \pm 1$) hasta el estudio histológico posterior en el que se midió la morfología intestinal y el número de las células caliciformes. Por ello, las muestras fueron deshidratadas con soluciones de etanol de concentraciones crecientes (del 50 al 100%) y luego fueron introducidas en parafina (Armed Forces Institute of Pathology, 1968). Después, se procedió a obtener cortes seriados. Parte de las secciones (5 μ m de grosor), fueron tenidos con hematoxilina e eosina para evaluar la morfología de la mucosa intestinal mediante la medición de la longitud de los villis y la profundidad de la criptas siguiendo el protocolo descrito por Hampson (1986). Las otras secciones fueron tenidos con alcian blue (pH 2.5) utilizando Artisan TM Link Special Staining System para contar el número de células

caliciformes que bordean los villis intactos del yeyuno. Todos los parámetros estudiados fueron analizados como un diseño de bloques completamente al azar considerando la dieta como la única fuente de variación y la camada como bloque utilizando el procediendo MIXED del SAS (1999). El peso a los 25 días de edad era incluido como covariable. Para la comparación de medias, se utilizó un *test t* protegido y la diferencia se consideró significativa cuando $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las dietas experimentales influyeron sobre todos los parámetros estudiados excepto el crecimiento de los animales y el pH del estómago. No hubo mortalidad ni se observaron problemas sanitarios. Los animales del pienso InsSBP consumieron menos ($P < 0,05$) que los animales de los piensos C y Pectin dando lugar a una mejora del índice de conversión. Los animales del pienso SBP presentaron datos intermedios (Tabla 2). Así mismo, los pesos del ciego y del tracto digestivo fueron mayores ($P < 0,05$) en los animales de los tratamientos InsSBP y SBP comparados con los tratamientos C y Pectin, siendo intermedio el peso del ciego de los animales alimentados con el pienso Pectin (Tabla 2). Estos últimos mostraron el peso de estómago el más bajo ($P < 0,05$). Los resultados obtenidos con la inclusión de PR son similares a los observados por Gómez-Conde et al. (2009). Al comparar la dieta SBP y sus fracciones soluble e insoluble, la fracción insoluble de la PR parece ser la principal responsable del aumento del peso del tracto digestivo y de la disminución del consumo de los animales. Los valores del pH cecal más elevados han sido registrados en los animales alimentados con el pienso control (Tabla 2), mientras que los más bajos se registraron con la dieta InsSBP. Los valores de las dietas Pectin y SBP han sido intermedios. Esto supone que la acidez del ciego en los conejos alimentados con la PR puede ser atribuida más a la fracción insoluble de la PR que a la soluble.

Los gazapos alimentados con el pienso SBP mostraron la relación villi/cripta más elevada y aquéllos alimentados con el pienso control la más reducida, mientras que el resto de animales de los tratamientos Pectin y InsSBP mostraron valores intermedios (Tabla 3). El efecto positivo de la inclusión de PR ya fue observado anteriormente (Gómez-conde et al, 2007). Si bien, parece que este efecto beneficioso sobre la morfología intestinal es un efecto aditivo de las dos fracciones soluble e insoluble de la PR.

Tabla 2: Efecto de la fracción soluble e insoluble de la fibra de pulpa de remolacha sobre los parámetros productivos y del peso del aparato digestivo en conejos alimentados con los piensos experimentales desde el destete (25 d) hasta 35 días de edad

	Control	Pectin	SBP	InsSBP	SEM ¹	P
Parámetros productivos (25-35d)						
Consumo medio diario, g/d	64,7 ^b	63,0 ^b	59,0 ^{ab}	56,7 ^a	1,99	0,036
Ganancia media diaria, g/d	37,26	36,5	38,81	36,9	1,23	0,60
Eficacia alimenticia, g/g	0,58 ^a	0,59 ^a	0,66 ^b	0,66 ^b	0,01	0,001
Peso de los órganos (% PV)						
Aparato digestivo	21,4 ^a	21,0 ^a	23,3 ^b	22,6 ^b	0,34	0,001
Estómago	6,60 ^b	4,79 ^a	6,80 ^b	6,74 ^b	0,20	0,001
Ciego	6,13 ^a	6,60 ^{ab}	6,94 ^b	6,73 ^b	0,17	0,008
pH ciego	6,23 ^c	5,94 ^b	5,67 ^{ab}	5,63 ^a	0,074	0,001

¹: n = 34, excepto para el pH cecal donde n = 19, ^{a,b}: distintas letras indican una diferencia significativa entre tratamientos,

La inclusión en la dieta de conejos tanto de la PR como cualquiera de sus fracciones fibrosas (insoluble y soluble) aumenta la viscosidad ileal en 2,6 veces el valor del pienso control (P<0,05), aunque los valores más elevados fueron encontrados en los animales alimentados con el pienso Pectin. El pienso SBP mostró valores intermedios entre los piensos Pectin y InsSBP. Igualmente, el número de las células caliciformes ha tenido una tendencia similar a estos resultados (Tabla 3).

Tabla 3: efecto de las dietas experimentales sobre la morfología intestinal de los conejos alrededor del destete

	Control	Pectin	SBP	InsSBP	SEM ¹	P
Longitud de villi/profundidad de cripta	3,83 ^a	5,93 ^b	6,76 ^c	6,12 ^b	0,20	0,001
Número de células caliciformes/villi	11,8 ^a	15,8 ^c	15,3 ^{bc}	14,0 ^b	0,46	0,001

¹: n=15, ^{a,b}: distintas letras que indican diferencia significativa entre tratamiento

La PR parece que puede provocar un aumento en la viscosidad ileal debido al aumento de producción de mucinas. La fracción soluble de la PR tendría mayor influencia que la insoluble, si bien esta última también genera un aumento en el número de células caliciformes y, posiblemente, en la producción de mucinas en comparación con el pienso control.

CONCLUSIONES

Las fracciones soluble e insoluble de la PR producen efectos cuantitativos y cualitativos diferentes en el tracto digestivo de los animales. La fracción insoluble parece tener más influencia en el peso del aparato digestivo y la acidez del ciego, mientras que la fracción soluble afecta más a la viscosidad y el número de células caliciformes. Sin embargo, ambas fracciones muestran un efecto aditivo sobre la relación villi/cripta.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CICYT AGL2008-00627, Los autores quieren agradecer su colaboración a SOS Cuétara S.A., PITE S.A., Rettenmaier Iberica S.L. y Nutreco.

BIBLIOGRAFIA

- Association of Official Analytical Chemists, 2000,
Armed Forces Institute of Pathology, 1968, McGraw-Hill Book Co., New York, NY, pp: 32-46,
García G., Gálvez J,F,, De Blas J,C, 1993, J, Animal Sc., 71: 1823-1830,
García, J., Carabaño, R., De Blas, J,C, 1999, J, Animal Sc., 77: 898-905,
Gómez-Conde M,S,, García J., Chamorro S., Eiras P., García-Rebollar P., Pérez De Rozas A., Badiola I., De Blas J,C,, Carabaño R, 2007 J, Animal Sc., 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.
Hampson D,J, 1986, Res, Veterinary Sc., 40:32-40,
Mertens DR, 2002, J, Assoc, Chem, Int., 85: 1217-1240,
SAS,1999, SAS 7, STAT User´s Guide (Version 6,03), SAS Inst INC,, Cary, NC
Soler M,D,, Blas E., Cano J,L,, Pascual J,J,, Cervera C., Fernández-Carmona J, 2004, 8th World Rabbit Congress, pp: 156, Puebla, Mexico,
Xiccato G., Trocino A., Carraro L., Fragkiadakis M, 2007, World Rabbit Sc., 15: 55,
Xiccato G., Trocino A., Carraro L., Fragkiadakis M., Majolini D, 2008, 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, pp, 847–851,