

Efecto del tipo de carbohidrato sobre la producción de leche y el ambiente cecal en conejas en lactación

Belenguer(1), A., Balcells(1), J., Abecia (1) , L., y Decoux(2), M.

Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza.

Cargill S.L. Passeig de Sant Joan 184. Barcelona

Resumen

El efecto de la dieta sobre el ambiente cecal y ciertos parámetros reproductivos fue estimado en 32 conejas lactantes de raza neozelandesa distribuidas en grupos de 8 animales, recibiendo cada lote una dieta diferente. Las dietas se formularon en base a dos fuentes de fibra (heno de alfalfa, HA, y pulpa de remolacha, PR) en combinación con dos fuentes de almidón (maíz, M, y trigo, T). Las conejas mostraron una pérdida de peso durante la lactación (149 g), y su ingestión media de materia seca (MS) fue de 205 g/d, incrementando cuando los animales recibían las dietas con heno de alfalfa en relación a aquellas formuladas con pulpa de remolacha. Sin embargo, la digestibilidad de las dietas con pulpa fue superior que en aquellas que contenían heno ($P < 0.001$), por lo que no existieron diferencias en la ingestión de materia orgánica digestible (MOD) entre ambas fuentes de fibra. La producción media diaria de leche fue superior en las conejas alimentadas con heno de alfalfa como principal fuente de fibra, respecto a las que consumieron las dietas con pulpa ($P < 0.05$), probablemente como respuesta a la mayor ingestión de las primeras.

La pulpa de remolacha indujo un incremento del contenido cecal respecto al heno de alfalfa debido las características de su fibra, sin embargo el pH y el nivel de ácidos grasos volátiles (AGV) se mantuvieron constantes. El nivel de excreción de cecotrofos fue bajo (17 g/d), inferior a los valores habituales en estos animales, probablemente debido a una baja adaptación de los animales al collar cervical.

Abstract

Dietary effect on caecal environment and several reproductive parameters was estimated in 32 white New Zealand rabbit does randomly allotted to four experimental diets based on two sources of fibre (alfalfa hay, AH, or sugar beet pulp, SBP) combined with two sources of starch (maize or wheat). Average weight loss over the whole lactation was 149 g, and mean dry matter intake, 205 g/d, being higher when does were fed AH diets than does given SBP ones. However, SBP diets were better digested than AH ones ($P < 0.001$), so no difference in digestible organic matter intake was observed between both fibre sources. Daily mean milk yield was higher in animals receiving diets formulated with AH than those rabbits fed diets with SBP ($P < 0.05$), probably due to the greater feed intake in the former does.

SBP fibre was accumulated in the caecum, showing animals fed these diets a heavier caecum than those consuming diets with AH as main source of fibre. But pH and VFA level were not affected by experimental treatment. Caecotrophes excretion (17.6 g DM/d) was lower than usual values in lactating animals, and it may be due to the poor adaptation of the animals to the collar.

Introducción

Numerosos estudios han demostrado el efecto de la ración sobre la fermentación cecal y los parámetros productivos en conejos en crecimiento. La inclusión de una fuente de fibra digestible o almidón resistente a la digestión puede modificar el ambiente cecal (Gidenne, 1996) o el crecimiento y/o la digestibilidad de la dieta (Gidenne y Perez, 1993; Belenguer et al., 2002) en estos animales. Además, una interacción entre fibra y almidón puede alterar la actividad microbiana cecal (Gidenne, 1996).

Sin embargo, en las conejas lactantes la información es más limitada, y aunque existen estudios que analizan el efecto de la dieta sobre los parámetros reproductivos y/o cecales (de Blas et al., 1995; Nicodemus et al., 1999a), el número de trabajos acerca de la influencia del origen de la fibra o el almidón sobre diversos parámetros reproductivos es escaso.

El objetivo de nuestro trabajo era evaluar el efecto de la inclusión dietética de diferentes tipos de carbohidratos (estructurales, fibra y no estructurales, almidón), caracterizados por una alta (pulpa de remolacha y trigo) o baja (heno de alfalfa y maíz) utilización digestiva sobre el ambiente cecal y diversos parámetros reproductivos en conejas en lactación.

Material y Métodos

Animales y dietas

Se utilizaron 32 conejas reproductivas de raza Neozelandesa que previamente habían completado al menos una lactación. Estos animales se distribuyeron al azar en grupos de 8 animales, recibiendo cada lote una ración distinta. Las raciones experimentales se formularon en base a dos fuentes de fibra (heno de alfalfa y pulpa de remolacha) en combinación con dos fuentes de almidón (maíz y trigo), y su composición se presenta en la Tabla 1. Se administraron ad libitum desde el día 28 de gestación y durante toda la lactación. Se utilizó un ciclo de 9 h de luz y 15 h de oscuridad durante todo el periodo experimental. El ambiente en la nave donde se llevó a cabo el experimento estuvo controlado, con una temperatura entre 14 y 20°.

Tabla 1. Composición bromatológica y química de las raciones experimentales.

Fuente de fibra	Heno de alfalfa		Pulpa de remolacha	
	Maíz	Trigo	Maíz	Trigo
<i>Ingredientes (g/kg)</i>				
Pulpa remolacha	189.1	147.4	384.3	410
Heno de alfalfa	365.1	395.1	128	154.3
Maíz	255.1	0	250	0
Trigo	0	298.8	0	250
Soja	181.5	149.8	209.4	183.7
Paja	0	0	26.3	0
Aceite de girasol	7.2	6.9	0	0
Vit-min†	2	2	2	2
<i>Composición (g/kg)</i>				
Materia seca	922.7	919.4	922.7	920.1
Materia orgánica	913.3	914.1	929.5	920.9
Proteína bruta (Nx6.25)	193.6	195.7	179.9	183.5
Fibra neutro detergente	267.9	268.0	277.3	271.4
Fibra ácido detergente	185.4	184.4	175.9	176.3
Lignina ácido detergente	29.6	29.2	19.0	19.9

† Composición de la mezcla vitamínico-mineral: 200 ppm Co (CoSO₄ 7 H₂O), 3000 ppm Cu (CuSO₄ 5 H₂O), 20000 ppm Fe (FeSO₄ 1 H₂O), 8000 ppm Mn (MnO₂), 30000 ppm Zn (ZnO), 30 ppm Se (Na₂SeO₃), 500 ppm I (KI), 4500000 IU/kg vit A, 550000 IU/kg vit D₃, 1100 ppm vit E, 250 ppm vit B₁, 1500 ppm vit B₂, 100 ppm vit B₆, 6000 ppm vit B₁₂, 500 ppm vit K, 5000 ppm D-pantotenato, 12500 ppm niacina, 100000 ppm cloruro de colina.

Procedimiento experimental y recogida de muestras

El periodo experimental tuvo una duración de 29 días, iniciándose el día 28 de gestación. El periodo comprendido entre el inicio y el día 18 de lactación se dedicó a la adaptación de los animales a la ración experimental. Al día siguiente las hembras lactantes se trasladaron a jaulas metabólicas y los últimos 7 días se realizaron el balance de digestibilidad y la colección de muestras. Las conejas se separaron de su camada tras el parto, amamantando a los gazapos una vez al día durante 8-10 min. La estimación de la producción de leche se realizó cada 4-6 días por diferencia de peso de la madre antes y después del amamantamiento. Durante el periodo de balance, los dos primeros días los animales se adaptaron a las jaulas metabólicas, los siguientes cuatro días se procedió a la colección de heces, mientras el último día se fijaron los collares cervicales durante 24 h para estimar la producción de cecotrofos.

Las heces se pesaron tras su recogida diaria, se agruparon individualmente y se congelaron a -20°C. Tras la colocación del collar se recogieron conjuntamente las heces secas y los cecotrofos, que se almacenaron a -20°C. La separación de heces y cecotrofos se realizó manualmente tras la descongelación de las muestras para su análisis. Tras el sacrificio de los animales se procedió a la separación y segmentación del intestino. Se determinó el peso del ciego

completo y vacío, y se midió el pH de su contenido, el cual se muestreó para la determinación de ácidos grasos volátiles (AGV) (0.5 M H₃PO₄, 50 mM-3 metil valerato).

Análisis químicos y estadístico

El contenido en MS del alimento, heces y cecotrofos se determinó mediante desecación en estufa (60°C 48 horas). Las muestras una vez secas se molieron a 1 mm para el resto de determinaciones analíticas. El contenido en cenizas se determinó mediante incineración en mufla a 550°C durante 8 horas. La determinación total de nitrógeno (N) del alimento, cecotrofos y heces frescas, y bacterias se llevó a cabo mediante el método Kjeldhal. La determinación de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) en alimento y heces se realizó según el método propuesto por Van Soest et al. (1991). En el contenido cecal se analizó el contenido en AGV mediante cromatografía de gases siguiendo la técnica descrita por Jouany (1982).

Los datos fueron analizados por análisis de varianza mediante un diseño factorial 2 x 2, considerando la fuente de fibra (F: HA vs PR) y la fuente de almidón (A: M vs T) como efectos principales.

Resultados

Parámetros productivos

El peso de los animales al inicio del experimento fue de 4.284 kg, mostrando las conejas una pérdida de peso (149 g) durante la lactación que fue independiente del tratamiento experimental (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de las raciones experimentales sobre parámetros digestivos y reproductivos en conejas en lactación.

	HA	PR	M	T	EE	Significación	
						Fibra	Almidón
Variación de peso (kg)	-	-	-	-	0.07	NS	NS
Consumo (g/d):							
Materia seca	219	187	191	218	13.9	*	T
MOD	147	136	135	148	9.92	NS	NS
Digestibilidad:							
MS	0.72	0.76	0.74	0.74	0.01	***	NS
MO	0.73	0.78	0.75	0.76	0.01	***	NS
FND	0.43	0.58	0.50	0.51	0.01	***	NS
Producción media de leche (g/d)	169.	146	149	165	9.43	*	NS
Producción media de leche	21.3	19.7	20.5	20.7	1.28	NS	NS
Nº gazapos nacidos 8.4	8.4	9.1	8.5	9.0	0.68	NS	NS
Nº gazapos nacidos vivos	8.1	8.9	8.0	8.9	0.57	NS	NS
Nº gazapos destetados	7.8	6.7	6.5	8.1	0.67	NS	0.023

HA, heno de alfalfa; PR, pulpa de remolacha; M, maíz; T, trigo; MOD, materia orgánica digestible; MS, materia seca; MO, materia orgánica; FND, fibra neutro detergente; EE, error estándar medio; NS, no significativo; T, P<0.1; *, P<0.05; **, P<0.01; ***, P<0.001.

La ingestión media de materia seca durante la lactación fue de 205 g/d, y los animales alimentados con las dietas de HA consumieron una mayor cantidad de alimento que los que recibieron las dietas formuladas con PR (P<0.05). De la misma forma las raciones con trigo tendieron a inducir una mayor ingestión que las formuladas con maíz (P<0.1). Sin embargo, la PR permitió una mejor utilización digestiva que el HA, mostrando una mayor digestibilidad de la MS, MO y FND (P<0.001), de forma que la ingestión de MOD fue similar en todas las dietas.

El tamaño inicial de las camadas no varió, aunque el índice de supervivencia sí fue afectado por el tratamiento experimental (Tabla 2), siendo menor en aquellas camadas cuyas madres recibían las dietas con maíz como fuente de almidón frente al trigo, de forma que el número de gazapos destetados al final de la lactación dependió del tipo de dieta (P<0.05).

La producción media diaria de leche se estimó eliminando los datos de tres conejas que presentaron un tamaño de camada al destete inferior a 6 gazapos, así los animales alimentados con HA presentaron una mayor producción de leche que aquellos alimentados con las dietas de PR (P<0.05) (Tabla 2). Cuando esta producción se expresó por

número de gazapos las diferencias entre dietas fueron mínimas y sin significación estadística.

Parámetros cecales

Aquellas hembras alimentadas con raciones formuladas en base a PR como fuente fibrosa acumularon una mayor cantidad de digesta en el ciego, cuyo peso fue superior en relación a los animales que recibieron las dietas con HA ($P < 0.01$). El peso vacío del órgano no reflejó ningún efecto significativo (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto del pienso sobre los parámetros cecales.

	HA	PR	Maíz	Trigo	EE	Significación	
						Fibra	Almidón
Peso lleno (g)	216.3	289.2	252.8	247.7	0.28	**	NS
Peso vacío (g)	57.33	60.89	59.33	58.66	0.187	NS	NS
Parámetros químicos:							
PH	5.90	5.91	5.93	5.88	0.154	NS	NS
AGV (mmol/l)	81.9	81.8	85.9	77.8	11.63	NS	NS
Acético (mol/mol)	73.0	74.1	73.1	74.0	1.51	NS	NS
Propiónico (mol/mol)	6.95	6.37	6.80	6.52	0.662	NS	NS
Butírico (mol/mol)	18.5	18.0	18.6	17.9	1.36	NS	NS

HA, heno de alfalfa; PR, pulpa de remolacha; EE, error estándar medio; NS, no significativo; T, $P < 0.1$; *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$.

En relación a los parámetros químicos en el contenido cecal no se detectaron variaciones significativas inducidas por el tipo de carbohidrato, ni en el pH (5.9) ni en la concentración de AGV (81.83 mmol/l). Las proporciones molares de AGV fueron también independientes del tratamiento experimental, presentando el siguiente perfil medio de acético, 0.74, butírico, 0.18, y propiónico, 0.07.

Excreción de cecotrofos y composición de heces

La diferencia de composición entre ambos tipos de heces en PB y FND confirma la eficiencia del proceso de la cecotrofia, concentrando los nutrientes más digestibles en los cecotrofos (Tabla 4). Ninguno de estos parámetros fue afectado por el tratamiento experimental, excepto el contenido en FND de las heces duras, que se incrementó con la inclusión de heno en la dieta en relación a la pulpa, especialmente cuando la fuente de almidón utilizada fue el trigo (interacción significativa, $P < 0.05$).

La excreción media de cecotrofos durante 24 h fue de 17.6 g MS/d o 1.05 g N/d, y no se apreciaron diferencias entre las fuentes de fibra o de almidón.

Tabla 4. Efecto de las raciones experimentales sobre la excreción de cecotrofos y la composición química de heces blandas y heces secas.

	HA	PR	Maíz	Trigo	EE	Significación	
						Fibra	Almidón
Producción de cecotrofos							
MS (g/d)	16.6	18.9	18.3	17.0	2.54	NS	NS
N (g/d)	1.01	1.10	1.12	0.98	0.159	NS	NS
Materia seca (g/kg)							
Cecotrofos	350	371	367	351	11.6	T	NS
Heces duras	436	425	434	428	13.2	NS	NS
Materia orgánica (g/kg)							
Cecotrofos	883	864	875	873	5.1	**	NS
Heces duras	887	855	876	869	4.9	***	NS
Proteína bruta (g/kg)							
Cecotrofos	378	358	377	358	11.6	NS	NS
Heces duras	181	187	180	188	7.1	NS	NS
Fibra neutro detergente (g/kg)							
Cecotrofos	268	281	272	275	14.0	NS	NS
Heces duras	532	494	520	509	11.6	**	NS

HA, heno de alfalfa; PR, pulpa de remolacha; EE, error estándar medio; NS, no significativo; T, $P < 0.1$; *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$.

Discusión

Parámetros reproductivos

La incorporación de PR en la dieta en lugar de HA como principal fuente de fibra implicó un aumento de la digestibilidad de MS, MO y FND, coincidiendo con resultados previos (Fraga et al., 1991; de Blas et al., 1995; Carabaño et al., 1997), y ello se debe al elevado contenido de componentes digestibles de la fibra, como las pectinas, en la pulpa de remolacha. Sin embargo, la ingestión fue superior en los animales alimentados con las dietas de HA en relación a los que recibieron las dietas de pulpa. En este caso, también las características de la fibra de la pulpa, que dificulta la evacuación gástrica (Fraga et al., 1991), pueden causar este efecto sobre la ingestión, aunque el mayor contenido en lignina de las dietas con HA podría estimular la tasa de tránsito y la capacidad de ingestión (Van Soest, 1994), y de esta forma incrementar la ingestión alimenticia (Nicodemus et al., 1999a; Gidenne et al., 2001).

En cualquier caso, los valores de ingestión de MS son inferiores a los descritos previamente en trabajos con dietas similares (de Blas et al., 1998; Nicodemus et al., 1999a). Citar que la adaptación a las jaulas metabólicas, en el momento de máxima producción de leche, pudo dar lugar a un descenso de la ingestión voluntaria, y afectar también al peso vivo final.

El tamaño de la camada al destete fue similar en la mayoría de los animales, excepto en los animales mencionados con menor de 5 gazapos, cuyos valores no se utilizaron para la estimación de la producción de leche.

Las diferencias observadas en producción de leche entre ambas fuentes de fibra podrían ser una respuesta a la mayor ingestión de alimento observada en las hembras que consumieron las dietas formuladas con HA. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Nicodemus et al. (1999a) quienes describieron un descenso en la producción de leche al reducir el nivel de lignina en la ración, debido a una disminución en la ingestión de alimento. Sin embargo, cuando la producción se expresó por número de gazapos destetados, las diferencias no alcanzaron significación estadística.

La producción diaria de leche es inferior a los valores habitualmente descritos en bibliografía (113-177 vs 164-206 g/d; Méndez et al., 1986; Fraga et al., 1989; de Blas et al., 1995; Nicodemus et al., 1999a), probablemente como reflejo de la menor ingestión de las hembras.

Ambiente cecal

Un incremento del contenido cecal cuando la pulpa se incluye en la ración ha sido descrito previamente (Fraga et al., 1991; García et al., 1993). Sin embargo, a pesar de ello ni el pH ni la concentración de AGV se vieron afectados. El peso del ciego y su contenido son superiores en los animales adultos (de Blas et al., 1995), por tanto una mayor homogeneidad y estabilidad del ambiente cecal podría ser el responsable de la ausencia de diferencias.

La excreción de cecotrofos (17.6 g MS/d) es inferior a los valores descritos previamente en conejas lactantes (30-35 g MS/d; Lorente et al., 1988; Nicodemus et al., 1999b). La inadaptación de los animales al collar podría explicar estos resultados, ya que un número considerable de conejas mostraron una excreción menor de 15 g MS/d. En cualquier caso, otros autores citan ciertas alteraciones explicadas por la presencia del collar (Fraga et al., 1991; Carabaño et al., 2000; Belenguer et al., 2002), incluso en algunos casos los animales no consiguieron adaptarse a dicha situación.

El ambiente cecal en las conejas lactantes no fue modificado por la inclusión de una fuente de fibra altamente digestible (pulpa de remolacha) en relación a una fuente más habitual (heno de alfalfa), y tampoco la presencia de un almidón resistente (maíz) frente a un almidón fácilmente digestible modificó los niveles de ingestión, aunque sí se observó cierta variación en la producción de leche.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Agribrands Europe España, S.A. Paseig Sant Juan 189-08037 Barcelona, Spain.

Bibliografía

BELENGUER, A., BALCELLS, J., FONDEVILA, M. y TORRE, C. (2002). Caecotrophes intake in growing rabbits estimated either

from urinary excretion of purine derivatives or from direct measurement using animals provided with a neck collar: effect of type and level of dietary carbohydrate. *Animal Science* 74, 135-144.

CARABAÑO, R., GARCÍA, A. I., BLAS, E., FALCAO, L., GIDENNE, T. Y PINHEIRO, V. (2000). Collaborative studies on caecotrophy in adult rabbits: effect of feed intake and methodology. *World Rabbit Science* 8 Supl. 1, 153-160.

CARABAÑO, R., MOTTA-FERREIRA, W., DE BLAS, J. C. Y FRAGA, M. J. (1997). Substitution of sugarbeet pulp for alfalfa hay in diets for growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology* 65, 249-256.

DE BLAS, J. C., TABOADA, E., MATEOS, G. G., NICODEMUS, N. Y MENDEZ, J. (1995). Effect of substitution of starch for fiber and fat in isoenergetic diets on nutrient digestibility and reproductive performance of rabbits. *Journal of Animal Science* 73, 1131-1137.

DE BLAS, J. C., TABOADA, E., NICODEMUS, N., CAMPOS, R., PIQUER, J. Y MENDEZ, J. (1998). Performance response of lactating and growing rabbits to dietary threonine content. *Animal Feed Science and Technology* 70, 151-160.

FRAGA, M. J., LORENTE, M., CARABAÑO, R. Y DE BLAS, J. C. (1989). Effect of diet and of remating interval on milk production and milk composition of the doe rabbit. *Animal Production* 48, 459-466.

FRAGA, M. J., PEREZ DE AYALA, P., CARABAÑO, R. Y DE BLAS, J. C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft feces to nutrient intake of finishing rabbits. *Journal of Animal Science* 69, 1566-1574.

GARCÍA, G., GALVEZ, J. F. Y 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. *Journal of Animal Science* 71, 1823-1830.

GIDENNE, T. (1996). Nutritional and ontogenic factors affecting rabbit caeco-colic digestive physiology. *Proceedings of the Sixth World Rabbit Congress, Toulouse, France.*

GIDENNE, T., ARVEUX, P. Y MADEC, O. (2001). The effect of quality of dietary lignocellulose on digestion, zootechnical performance and health of the growing rabbit. *Animal Science* 73, 97-104.

GIDENNE, T. Y PEREZ, J. M. (1993). Effect of dietary starch origin on digestion in the rabbit. 1. Digestibility measurements from weaning to slaughter. *Animal Feed Science and Technology* 42, 239-247.

JOUANY, J. P. (1982). Volatile fatty acid and alcohol determination in digestive contents, silage juices, bacterial cultures and anaerobic fermentor contents. *Science des Aliments* 2, 131-144.

LORENTE, M., FRAGA, M. J., CARABAÑO, R. Y DE BLAS, J. C. (1988). Coprophagy in lactating does fed different diets. *Journal of Applied Rabbit Research* 11, 11-15.

MÉNDEZ, J., DE BLAS, J. C. Y FRAGA, M. J. (1986). The effect of diet and remating interval after parturition on the reproductive performance of the commercial doe rabbit. *Journal of Animal Science* 62, 1624-1634.

NICODEMUS, N., CARABANO, R., GARCÍA, J., MENDEZ, J. Y DE BLAS, C. (1999a). Performance response of lactating and growing rabbits to dietary lignin content. *Animal Feed Science and Technology* 80, 43-54.

NICODEMUS, N., MATEOS, J., DE BLAS, J. C., CARABAÑO, R. Y FRAGA, M. J. (1999b). Effect of diet on amino acid composition of soft faeces and the contribution of soft faeces to total amino acid intake through caecotrophy in lactating doe rabbits. *Animal Science* 69, 167-170.

VAN SOEST, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. New York, Cornell University Press, Ithaca.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B. Y LEWIS, R. 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.