

## DIGESTIBILIDAD DE DIETAS CON DISTINTAS RELACIONES DE FIBRA MUY DIGESTIBLE/POCO DIGESTIBLE EN CONEJOS DE CEBO: CONTRIBUCIÓN DE LOS TRAMOS DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

Rodríguez-Romero, N., Abecia, L., Rodríguez, R., Balcells, J. y Fondevila, M.  
Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Zaragoza,  
Miguel Servet 177, 50013. Zaragoza. [mfondevi@unizar.es](mailto:mfondevi@unizar.es)

### INTRODUCCIÓN

La fibra de la dieta juega un papel importante en la fisiología digestiva del conejo. La fibra muy digestible (hemicelulosas y pectinas; FD) es un potente activador de fermentación cecal, y la poco digestible (fibra ácido detergente, FAD) favorece el tránsito a través del tracto gastrointestinal. Sin embargo, no está clara la proporción de cada una que optimice la digestibilidad de la dieta. El objetivo de este estudio es analizar el efecto de la relación FD/FAD sobre la digestibilidad de la materia seca (DMS) en conejos de cebo, así como el papel que desempeñan los distintos tramos del tracto digestivo en el proceso.

### MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en tres periodos experimentales consecutivos de 21 días. Se seleccionaron 24 gazapos de raza Neozelandesa (8 animales por periodo), de  $629 \pm 80,21$  g de peso, recién destetados (28 días de edad), que se distribuyeron al azar en cuatro dietas experimentales. Los animales recibieron las dietas *ad libitum* durante 14 días de adaptación y 7 días de toma de muestras. Las dietas experimentales fueron formuladas en base a dos niveles de FD y dos de FAD, en un diseño factorial 2x2, considerando el periodo experimental como bloque. La composición de las dietas experimentales se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición química (g/kg materia seca, MS) de las dietas experimentales y del alimento predigerido utilizado en la fase de fermentación

Contenido <sup>2</sup>	Tratamientos							
	Dieta 1 13/26 <sup>1</sup>		Dieta 2 13/33 <sup>1</sup>		Dieta 3 18/26 <sup>1</sup>		Dieta 4 18/33 <sup>1</sup>	
	Inicial	Predig	Inicial	Predig	Inicial	Predig	Inicial	Predig
MS <sup>3</sup>	915	928	915	926	916	908	916	911
PB <sup>3</sup>	145	59	152	56	145	61	144	51
FND <sup>4</sup>	361	676	438	716	367	653	450	721
FAD <sup>4</sup>	258	528	327	586	254	502	330	569
LAD <sup>5</sup>	96	231	153	312	106	214	157	296
Pectinas <sup>6</sup>	26		26		60		60	
FD	129		137		173		180	
Almidón <sup>6</sup>	129		87		87		30	

<sup>1</sup>Relación FD/FAD; <sup>2</sup>PB: proteína bruta, FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido-detergente, FD: fibra digestible (hemicelulosas + pectinas); <sup>3</sup>AOAC (2000); <sup>4</sup>Ankom Technology, AOAC (2000); <sup>5</sup>Van Soest *et al.* (1991); <sup>6</sup>Estimado a partir de Blas *et al.* (1994).

La DMS se determinó *in vivo*, en jaulas metabólicas individuales (dos gazapos por tratamiento en cada periodo experimental) en ambiente controlado (18-24°C y 12/12 horas de luz/oscuridad), con dos días de acostumbamiento y cuatro días de colección total de heces y residuos de alimento. El séptimo día se determinó la excreción de cecotrofos durante 24 h mediante la colocación de collares cervicales.

Una vez finalizado el balance de digestibilidad, los animales permanecieron recibiendo las mismas dietas durante 24 h para recuperar el ambiente cecal. A continuación, se sacrificaron y se les extrajo el contenido del ciego, que se pesó y empleó como inóculo en la prueba de fermentación *in vitro*. Para ello, se emplearon botellas de vidrio con 80 ml de solución de incubación (Theodorou *et al.* 1994, con modificaciones de Mould *et al.* 2005),

incluyendo un 10% de inóculo cecal. Como sustrato se emplearon 0,800 g de muestras de las mismas dietas predigeridas sucesivamente en pepsina-HCl y en pancreatina (Boisen y Fernández, 1997), para simular los procesos de digestión previos al ciego. La composición de los sustratos predigeridos figura también en la Tabla 1. Se incubaron tres botellas por gazapo, dos con sustrato, y otra sin sustrato (blanco). La incubación se llevó a cabo a 39°C durante 18 horas, estimándose el volumen de gas producido en función de la presión interna de la botella. Al finalizar la incubación, se filtró el residuo de fermentación a través de 45 µm para determinar la desaparición de la materia seca (dMS). Paralelamente, se determinó la digestibilidad enzimática de las dietas mediante el método de tres fases de Boisen y Fernández (1997).

Los datos individuales para cada método de análisis fueron analizados mediante el procedimiento GLM del SAS (versión 8.2) y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey. Se utilizó el método de regresión lineal (PROC REG) para obtener la ecuación de predicción de DMS *in vivo* por el método enzimático cecal y producción de gas a las 18 horas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se detectaron interacciones significativas ( $P > 0.05$ ) entre los niveles de FD/FAD para ninguno de los parámetros a estudio (Tabla 2). Una mayor proporción de FAD en la dieta produjo una disminución ( $P < 0.05$ ) de la DMS *in vivo*, mientras que no se observó un efecto de la proporción de FD ( $P > 0.05$ ). Bajos valores de digestibilidad podrían estar asociados a una baja ingestión (Fernández-Carmona *et al.* 1996), asociada a un nivel alto de FAD en la dieta. En este sentido, las dietas con altas proporciones de FAD también indujeron un mayor contenido cecal, e igualmente se observó una mayor excreción de cecotrofos en las dietas con mayor nivel de FAD, independientemente del nivel de FD. Según análisis de correlación, una menor DMS está relacionada a una mayor producción de cecotrofos ( $r = -0.40$ ;  $P = 0.039$ ).

**Tabla 2.** Digestibilidad de la materia seca (DMS, %), peso del contenido cecal (g), excreción de cecotrofos (g MS/d) y estimación de la contribución a la digestión del tracto previo al ciego (incubación en pepsina-pancreatina) y del ciego (digestión enzimática, %; producción de gas a las 18 horas, ml/g MS y desaparición de materia seca, dMS cecal, %) con diferentes proporciones de fibra digestible/ indigestible en la dieta

	Tratamientos				e.e.	Probabilidad	
	Dieta 1 13/26 <sup>1</sup>	Dieta 2 13/33 <sup>1</sup>	Dieta 3 18/26 <sup>1</sup>	Dieta 4 18/33 <sup>1</sup>		FD <sup>2</sup>	FAD <sup>3</sup>
DMS	51.2 <sup>a</sup>	43.9 <sup>b</sup>	52.4 <sup>a</sup>	44.4 <sup>b</sup>	0.66	NS	<0.001
Contenido cecal	58.8 <sup>c</sup>	70.4 <sup>b</sup>	64.9 <sup>bc</sup>	83.7 <sup>a</sup>	3.19	0.007	<0.001
Cecotrofos	19.2 <sup>b</sup>	24.6 <sup>ab</sup>	21.0 <sup>ab</sup>	26.4 <sup>a</sup>	2.08	NS	0.018
Pepsina-pancreatina	46.4	37.9	40.5	33.0	---	---	---
Dig. enzimát. cecal	12.3	12.2	19.9	19.1	---	---	---
Prod. de gas	37.3 <sup>b</sup>	27.5 <sup>c</sup>	47.0 <sup>a</sup>	39.9 <sup>b</sup>	1.07	<0.001	<0.001
dMS cecal	14.1 <sup>b</sup>	14.2 <sup>b</sup>	22.5 <sup>a</sup>	18.7 <sup>ab</sup>	2.09	0.005	NS

<sup>1</sup>Relación FD/FAD; NS: no significativo. Superíndices distintos en una misma fila indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ); <sup>2</sup>FD: fibra digestible; <sup>3</sup>FAD: fibra ácido detergente.

Aunque la digestibilidad enzimática (Boisen y Fernández, 1997) fue entre 6 y 8 puntos porcentuales superior a la DMS *in vivo* (valores medios de 58,8, 50,0, 60,4 y 52,1 para las Dietas 1, 2, 3 y 4, respectivamente), al igual que lo observado por Pascual *et al.* (2000), el comportamiento fue similar, por lo que se considera válida la estimación de la digestibilidad en el tracto digestivo pre-cecal y cecal a partir de los resultados de las dos primeras fases (digestión con pepsina-pancreatina) y de la tercera (Viscozyme), respectivamente. Según los valores observados, el 78,4% de la digestibilidad total de las dietas tuvo lugar antes del ciego, siendo del 86,0 y 81,3% para los niveles bajos de FD (dietas 1 y 2) y disminuyendo

con 33% FD a 74,7 y 71,6% para su combinación con baja y alta FAD (dietas 3 y 4), respectivamente.

Aunque la dMS cecal mostró una respuesta positiva a la proporción de FD, independientemente del nivel de FAD, lo que se observó igualmente en la digestibilidad enzimática cecal, la producción de gas mostró un descenso en la fermentación al aumentar la proporción de FAD para ambos niveles de FD, al tiempo que el volumen de gas producido fue mayor en las dietas con más fibra digestible. Estos resultados parecen complementarse con la digestibilidad enzimática en pepsina-pancreatina. Las diferencias entre la estimación gravimétrica (dMS) y por producción de gas de la fermentación cecal pueden atribuirse a la contribución de la masa microbiana al residuo de fermentación en el primer caso. Además, es de destacar la elevada magnitud del error en dMS (coeficientes de variación del 6,9 y del 29,5% para producción de gas y dMS, respectivamente).

A pesar de las diferencias en los procesos de digestión previos al ciego, la producción de gas mostró una correlación significativa con la DMS *in vivo* ( $y=34,954 + 0,340x$ ;  $R=0,59$ ;  $n=24$ ;  $P=0,003$ ), lo que sugiere el potencial de este método como estimador de la digestibilidad en conejos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 2000. 17th Edition. *Association of Official Analytical Chemist, Arlington, USA*.
- Blas, E., Cervera, C., Fernández-Carmona, J. 1994. *World Rabbit Science*. 2:117-121.
- Boisen, S., Fernandez, J. A. 1997. *Anim. Feed Sci. Technol.* 68:277-286.
- Fernández-Carmona, J., Cervera, C., Blas, E. 1996. *Anim. Feed Sci. Technol.* 64:61-75.
- Mould, F. L., Morgan, R., Kliem, K. E. Krystallidou, E. 2005. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123-124:155-172.
- Pascual, J. J., Cervera, C., Fernández-Carmona, J. 2000. *World Rabbit Science*. 8:93-97.
- SAS. Version 8.2. *Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC*.
- Theodorou, M. B., Williams, A., Danoa, M., McAllan, A. B., France, J. 1994. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:185-197.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. 1991. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.

**Agradecimientos:** Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto AGL 2006-07596/GAN del Ministerio de Educación y Ciencia. N. Rodríguez-Romero disfruta de una beca predoctoral de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (Venezuela); R. Rodríguez (ICA, Cuba) está financiado por una beca MAEC.

### DIGESTIBILITY OF DIETS WITH DIFFERENT PROPORTIONS OF HIGH/LOW DIGESTIBLE FIBRE FOR GROWING RABBITS: ROLE OF THE PARTS OF THE GASTROINTESTINAL TRACT

**ABSTRACT:** In vivo apparent digestibility (DMD) of diets with two proportions of digestible fibre (DF, 13 and 18%) and acid detergent fibre (ADF, 26 and 33%) were studied in a 2x2 factorial design with six weaned rabbits (28 days) per treatment. Despite the level of DF ( $P>0.05$ ), DMD was higher with the lower level of ADF. The extent of digestion before the caecum with pepsin-pancreatin and in the caecum as dry matter disappearance (DMd) and gas production in 18h *in vitro* incubation, and with Viscozyme was also estimated. Digestion before the caecum reached a higher extent with the lower level of ADF. Gas production fitted well with these results, whereas caecal DMd only showed differences between levels of DF. Despite differences induced by digestive processes previous to the caecum, gas production by *in vitro* fermentation with caecal inoculum was correlated ( $R=0.59$ ;  $P=0.03$ ) with *in vivo* DMD.

**Keywords:** growing rabbits, digestibility, pepsin-pancreatin, caecal fermentation