ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL DE UNA DIETA CON UN ALTO CONTENIDO EN CONCENTRADO EN OVEJAS Y EN DOS SISTEMAS DE FERMENTADORES*

M.D. Carro[1], M.J. Ranilla[1], A.I Martín[2] y E. Molina Alcaide[2]

[1] Departamento de Producción Animal I, Universidad de León, León
[2] Unidad de Nutrición Animal, Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Armilla (Granada)

INTRODUCCIÓN

La utilización de animales fistulados en el aparato digestivo para realizar estudios sobre nutrición animal plantea diversos problemas técnicos y éticos, lo que ha conducido a la búsqueda de métodos *in vitro* que permitan simular la fermentación ruminal. Entre los métodos de simulación más utilizados se encuentran los fermentadores de flujo continuo (FFC) y de flujo semicontinuo (FFSC). A pesar del gran número de trabajos publicados en los que se utilizan estos sistemas, existen muy pocos en los que se comparen los resultados con los observados *in vivo* (Mansfield et al., 1995). En este trabajo se compara la fermentación microbiana promovida en el rumen de ovejas y en dos tipos de fermentadores por una dieta con un alto contenido en concentrado.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio *in vivo* se llevó a cabo utilizando cuatro ovejas fistuladas en el rumen y para los ensayos *in vitro* se emplearon dos sistemas de fermentadores, uno de flujo semicontinuo (Rusitec; Czerkawski and Breckenridge, 1977) y otro de flujo continuo (Miettinen and Setälä, 1989), ambos formados por cuatro fermentadores. Tanto los animales como los fermentadores recibieron una dieta constituida por heno de alfalfa y concentrado (maíz, cebada y soja) en proporción 20:80. La dieta contenía 26,9 y 195 g de N y de fibra neutro detergente, respectivamente, por kg de materia seca (MS). Cada oveja recibió diariamente 1035 g de MS administrados en dos porciones iguales a las 9:00 y 21:00 horas. El procedimiento experimental y los resultados obtenidos en la prueba *in vivo* han sido descritos por Carro et al. (2000).

En las pruebas *in vitro*, el día 1 se inocularon ambos sistemas de fermentadores con contenido ruminal (líquido y sólido) procedente de 4 ovejas fistuladas en el rumen, que eran alimentadas con heno de alfalfa y concentrado en proporción 50:50. Cada uno de los FFSC recibió diariamente 15,6 g de MS administrados a las 9:00 h en el interior de una bolsa de nailon que se mantuvo dentro del fermentador durante 48 horas. Los FFC recibieron diariamente 27 g de MS de dieta, administrados en dos porciones iguales a las 8:00 y 16:00 horas. El flujo de la fase líquida fue de 3,8 y 4,7% por hora en los FFSC y FFC, respectivamente. Tras 8 días de adaptación a la dieta, durante tres días consecutivos se determinaron el pH del contenido de los fermentadores, la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), la digestibilidad de la dieta y la degradabilidad de la misma tras 48 horas de incubación en bolsas de nailon. A lo largo del día 12 se midió el pH del contenido de cada fermentador a las 0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 horas tras la administración de alimento. Durante los días 13 y 14 se determinó la síntesis microbiana utilizando ^{15}N como marcador microbiano, el cual se infundió de forma continua desde el día 9 hasta el final del experimento. Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de la varianza y las diferencias entre los valores medios determinados en cada sistema se analizaron mediante el test de la mínima diferencia significativa (LSD).

* Este trabajo forma parte de los Proyectos AGL-2004-04755-CO2-01/GAN y AGL-2004-04755-CO2-01/GAN financiados por el M.E.C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como puede observarse en la Tabla 1, no existieron diferencias (P>0,05) entre el pH del rumen y el de los FFSC cuando éste se midió inmediatamente antes de la administración de alimento, pero los FFC presentaron un pH menor (P<0,05). En el rumen de las ovejas el pH descendió de forma acusada tras la ingestión de la dieta, llegando a alcanzar valores inferiores a 5,8 durante las primeras 6 horas tras la ingestión (ver Figura 1); por el contrario, en ambos tipos de fermentadores las oscilaciones del pH fueron menores y su valor no descendió de 6,0. Cuando se compararon los valores medios de pH durante las 12 horas posteriores a la administración de alimento, no se observaron diferencias (P>0,05) entre el rumen y los dos tipos de fermentadores.

Tabla 1. Parámetros de la fermentación ruminal en el rumen de ovejas y en fermentadores de flujo semicontinuo (FFSC) y continuo (FFC) que recibían una dieta compuesta por heno de alfalfa y concentrado en proporción 20:80.

Item	Rumen (oveja)	FFSC	FFC	e.e.d.[1]
pH (0 h)	6,53[b]	6,47[ab]	6,13[a]	0,165
pH (0-12 h)	6,05	6,27	6,12	0,113
Total AGV (mmol/l)[2]	134[b]	87,3[a]	137[b]	6,96
Acético (mol/mol)	56,3	52,8	51,4	2,93
Propiónico (mol/mol)	22,4[b]	12,3[a]	16,8[a]	2,29
Butírico (mol/mol)	17,2[a]	24,9[b]	25,5[b]	1,01
Otros AGV	4,09[a]	9,95[c]	6,36[b]	0,219
Acético/Propiónico	2,73[a]	4,30[b]	3,07[a]	0,408
DIGMS (%)[3]	82,6[b]	70,9[a]	80,7[b]	1,59
DESMS (%)[4]	86,1[b]	70,9[a]	72,0[a]	2,15
N microbiano (mg/d)	14015[c]	127[a]	437[b]	102,6
ESM[5]	22,9[a]	27,2[b]	32,7[c]	1,19

[a, b, c] para cada parámetro, los valores con diferente superíndice difieren (P<0,05).

[1] error estándar de la diferencia.

[2] valores medios en 24 horas (muestreo seriado cada 2 horas en la prueba *in vivo*).

[3] DIGMS: digestibilidad aparente de la materia seca; en la prueba *in vivo* la DIGMS se calculó como el 75 % de la materia seca digerida en el total del tracto digestivo.

[4] DESMS: desaparición de la materia seca tras su incubación *in sacco* durante 48 horas.

[5] ESM: eficiencia de la síntesis de proteína microbiana (g N microbiano/kg materia orgánica aparentemente fermentada en el rumen (MOAFR)). En los fermentadores la MOAFR se estimó a partir de la producción de AGV según la fórmula propuesta por Demeyer (1991). En la prueba *in vivo* la MOAFR se calculó como el 75 % de la materia orgánica digerida en el total del tracto digestivo.

No existieron diferencias entre el rumen de las ovejas y los FFC en la concentración de AGV (134 y 137 mmol/l, respectivamente), pero en los FFSC se observaron valores inferiores (P<0,05). Si bien no se observaron diferencias (P>0,05) entre el rumen *in vivo* y los fermentadores en la proporción molar de ácido acético, en el rumen se observaron menores (P<0,05) proporciones de ácido butírico y de otros AGV (suma de los ácidos isobutírico, isovalérico y valérico) y proporciones mayores (P<0,05) de ácido propiónico que en los dos tipos de fermentadores. Dado el efecto que el pH ruminal tiene sobre la producción de AGV en el rumen, es posible que las diferencias de pH observadas entre el rumen de las ovejas y los

fermentadores puedan haber contribuido a estos cambios en las proporciones molares de AGV. La digestibilidad de la MS fue menor (P<0,05) en los FFSC que la obtenida en las ovejas y en los FFC (70,9, 82,6 y 80,7%, respectivamente) y no se observaron diferencias (P>0.05) entre estos dos últimos. Por el contrario, la desaparición de MS de la dieta tras su incubación en bolsas de nailon en el rumen durante 48 horas fue menor (P<0,05) en los dos tipos de fermentadores (70,9 y 72,0% para los FFSC y FFC, respectivamente) que en el rumen de las ovejas (86,1%). Estas diferencias podrían deberse a la menor concentración de microorganismos ruminales que existe en el contenido de los fermentadores en comparación con el rumen, o al desarrollo de diferentes poblaciones microbianas en los fermentadores y en el rumen. En cuanto a la eficiencia del crecimiento microbiano, en ambos tipos de fermentadores ésta fue mayor (P<0,05) que la observada *in vivo* y los FFC presentaron mayores (P<0,05) valores que los FFSC. La eficiencia del crecimiento microbiano ruminal se ve afectada por numerosos factores, como son el tipo de dieta, el ritmo de dilución, el pH, el tiempo de permanencia del alimento en el rumen y la frecuencia de alimentación. Algunos de estos factores fueron diferentes en las ovejas y en los dos tipos de fermentadores, lo que podría justificar que se hayan obtenido diferentes valores para la eficiencia del crecimiento microbiano. Los valores obtenidos estuvieron dentro del rango de los encontrados por otros autores *in vivo* y en fermentadores (Mansfield et al., 1995).

Los resultados obtenidos indican que una gran parte de los parámetros ruminales determinados en los fermentadores presentó valores diferentes de los obtenidos *in vivo*, especialmente en el caso de los FFSC. Posiblemente la simulación de la fermentación ruminal en ambos tipos de fermentadores hubiera sido más adecuada si se hubieran logrado fluctuaciones de pH similares a las observadas en el rumen de las ovejas.

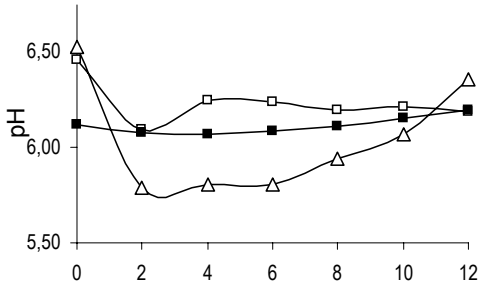


Figura 1. Evolución del pH en el rumen de las ovejas (Δ) y en el interior de los fermentadores de flujo semicontinuo (□) y continuo (■).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carro MD, Valdés C, Ranilla MJ and González JS. 2000. *Anim. Sci.* 70: 127-134.

Czerkawski JW and Breckenridge G. 1977. *Br. J. Nutr.* 38: 371-384.

Demeyer DI. 1991. Quantitative aspects of microbial metabolism in the rumen and hindgut. In *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion* (ed. J.P. Jouany), pp. 217-237. INRA Editions, Paris.

Mansfield HR, Endres MI and Stern MD. 1995. *Anim. Feed Sci. Technol.* 55: 47-66.

Miettinen H and Setälä J. 1989. *J. Agr. Sci. Finland.* 61: 463-473.