EFECTOS DEL pH SOBRE LA FERMENTACIÓN MICROBIANA RUMINAL EN CULTIVOS CONTINUOS ALIMENTADOS CON DIETA ALTA EN CONCENTRADO[1]

P. W. Cardozo, S. Calsamiglia y A. Ferret
Dept. de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 - Bellaterra, España

INTRODUCCIÓN

El pH ruminal es fundamental para el mantenimiento del equilibrio de las poblaciones microbianas y de la fermentación ruminal. Su reducción por debajo de 6.0 está asociada con dietas altas en concentrado (carbohidratos rápidamente fermentables) y produce la reducción de la degradación de la fibra, de la proteína bruta (**PB**), y del perfil de ácidos grasos volátiles (**AGV**). Mould *et al.* (1983) y Russell (1998) demostraron que los cambios en la fermentación ruminal por administrar dietas altas en concentrado no son consecuencia de la reducción del pH únicamente, sino que parte de esos efectos están causados por el tipo de dieta. Por consiguiente, existe un efecto confundido entre el pH y el tipo de dieta. En un trabajo previo con una dieta rica en forraje y 8 niveles de pH (Cardozo *et al.*, 2001) se observó una reducción en la digestibilidad de la materia seca (**MS**), materia orgánica (**MO**), fibra y PB, y una modificación del perfil de AGV a medida que el pH descendía. Existe poca información de los efectos del pH sobre la fermentación ruminal con dietas altas en concentrado.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos del pH ruminal sobre la fermentación microbiana manteniendo constante el tipo de dieta (alta en concentrado) y las condiciones de fermentación en un sistema de flujo doble continuo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 8 fermentadores (1320 ml) de flujo doble continuo desarrollados por Hoover *et al.* (1976). Se controló la temperatura (38 °C), la velocidad de mezclado (300 rpm) y las tasas de dilución de las fracciones líquidas y sólidas (10 y 5 %/h, respectivamente). El inóculo ruminal se obtuvo de terneros en cebo. Se suministró a cada fermentador 95 g/día de MS (3 porciones iguales a intervalos de 8 h) de una dieta 10:90 forraje:concentrado que cumplía las recomendaciones del NRC (1996) para alimentar terneros de 180 kg de peso vivo. La dieta contenía (% MS) 10% de paja, 29.6% de harina de maíz, 24.9% de harina de cebada, 19.4% de soja, 14.1% de tapioca, 0.35% de bicarbonato sódico y 1.65% de una mezcla de minerales y vitaminas. Los tratamientos fueron 8 niveles de pH, desde 4.9 a 7.0 (a intervalos de 0.3), controlados por infusiones de HCl (3 *N*) y NaOH (5 *N*). El experimento consistió en 2 períodos consecutivos de 5 días de adaptación y 3 de muestreo (recolección de 500 ml de efluyente/d). De los 1500 ml obtenidos en los 3 días de muestreo, se extrajeron 3 muestras para la determinación de N total, de N amoniacal, y de AGV. Se liofilizaron 600 ml de efluyente y se analizó la MS, MO, FAD, y bases púricas. Toda la analítica de las muestras se realizó según Calsamiglia *et al.* (2002). Las bacterias de la fase sólida y líquida fueron aisladas de cada fermentador según Whitehouse *et al.* (1994) y Olubobokun y Craig (1990). Posteriormente fueron liofilizadas y analizadas para MS, MO, N y bases púricas. El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con 8 tratamientos y 2 períodos, considerando el período como bloque. Para

[1] Trabajo financiado por CICYT (proyecto AGF 97 – 0444)

determinar el efecto del pH ruminal sobre la fermentación microbiana se realizó un análisis de contrastes ortogonales lineales, cuadráticos y cúbicos utilizando el programa GLM del SAS (1996).

RESULTADOS

La dieta contenía 87.3% MS, 17.9% de PB, 20% de FND y 10% de FAD. Como consecuencia de la reducción de pH, la digestibilidad de la MS, MO, y FAD disminuyó de forma lineal. Asimismo, la degradación de la PB se vio disminuida de forma cúbica (Tabla 1).

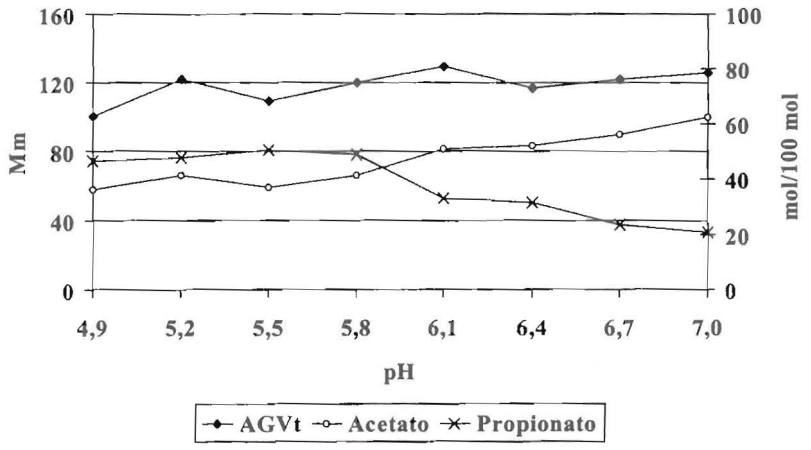
Tabla 1. Efectos del pH sobre la degradabilidad ruminal de la MS, MO, FAD y de PB.

Tratamientos	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0
Digestibilidad (%)								
MS verdadera[1]	47.0	48.0	47.8	48.0	51.8	54.8	56.6	55.4
MO verdadera[1]	42.2	45.8	48.9	47.4	47.9	49.5	49.1	48.8
FAD[1]	11.5	11.7	33.0	34.6	28.8	39.5	48.1	54.6
PB[3]	18.4	16.8	20.5	13.3	24.2	31.9	39.0	36.1

[1] Efecto lineal del pH ($P < 0.05$)
[3] Efecto cúbico del pH ($P < 0.05$)

La reducción del pH provocó una disminución lineal en la concentración de AGV totales (máximo a pH 6.1, 129 mM; mínimo a pH 4.9, 100 mM; Figura 1), en la proporción de acetato (máximo a pH 7.0, 62%; y mínimo a pH 4.9, 36%; Figura 1) y AGV ramificados (máximo a pH 7.0, 5.9%; y mínimo a pH 5.5, 0.3%), y en la relación acetato:propionato (máximo a pH 7.0, 3.0; y mínimo a pH 4.9, 0.8), mientras que la proporción de propionato aumentó de forma lineal (máximo a pH 5.5, 51%; y mínimo a pH 7.0, 21%; Figura 1).

Figura 1. Efecto lineal del pH sobre AGV totales, acetato y propionato.



El descenso del pH tuvo un efecto cuadrático sobre la concentración de N amoniacal (máximo a pH 6.7, 6.7 mg N/100 ml), y del flujo de N bacteriano (máximo a pH 7.0, 1.3 g/d) y un efecto cúbico sobre la eficiencia de síntesis de proteína microbiana (máximo a pH 7.0, 31.0; y mínimo a pH 5.8, 18.4 g N/kg MO verdaderamente digerida). Asimismo, la reducción del pH afectó de forma cuadrática al flujo total de N (mínimo a pH 5.8, 3.07 g/d), y de forma cúbica al flujo de N proveniente de la dieta (máximo a pH 5.8, 2.3 g/d; y mínimo a pH 6.7, 1.6 g/d; Tabla 2).

Tabla 2. Efectos del pH sobre el metabolismo del Nitrógeno

Tratamientos	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0
N amoniacal, mg/100 ml[2]	1.69	0.89	0.95	1.21	1.47	2.89	6.70	6.39
Flujo de N, g/d								
Total[2]	3.20	3.13	3.14	3.07	3.12	3.11	3.05	3.19
Amoniacal[2]	0.05	0.03	0.03	0.04	0.05	0.09	0.21	0.20
No amoniacal[1]	3.15	3.11	3.11	3.04	3.08	3.01	2.84	2.98
Microbiano[2]	1.00	0.92	1.02	0.75	1.08	1.22	1.23	1.30
Dieta[3]	2.15	2.19	2.09	2.28	2.00	1.79	1.61	1.68
g N bacteriano/Kg MOVD*[3]	26.2	23.2	24.0	18.4	26.1	28.6	29.1	31.0

[1] Efecto lineal del pH ($P < 0.05$)
[2] Efecto cuadrático del pH ($P < 0.05$)
[3] Efecto cúbico del pH ($P < 0.05$)
* MOVD = Materia orgánica verdaderamente digerida

En general, el efecto del pH sobre la fermentación ruminal fue similar al observado en raciones con un contenido elevado de forraje (Cardozo *et al.*, 2001). Sin embargo, la degradación de los nutrientes y la producción de AGV fue menor en las dietas altas en concentrado. Los datos sugieren que las bacterias fibrolíticas alimentadas con dietas altas en concentrado y con pH favorables (>6.2) no degradan la fibra disponible en un grado esperado a las dietas ricas en forraje, sino que se orientan a utilizar otros nutrientes presentes en el medio.

CONCLUSIÓN

La reducción del pH resultó en la disminución de la degradación de la MS, MO, FAD, y PB, de la concentración de AGV, y en un aumento en el flujo de N de origen alimentario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Calsamiglia, S., Ferret, A., y M. Devant. 2002. J. Dairy Sci. 85:574.
Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., y A. Ferret. 2001. ITEA. Vol. Extra 22:364.
Hoover, W. H.,Crooker, B. A., y C. J. Sniffen. 1976. J. Anim. Sci. 43:528.
Mould, F. L., Ørskov, R. E., y S. O. Mann. 1983. Anim. Feed Sci. Technol. 10:15.
NRC, 1996. Nutrient requirements of beef Cattle (7th Ed.) Nat. Acad. Press. Washington, DC.
Olubobokun J. A., y W. M. Craig. 1990. J. Anim. Sci. 68:3360.
Russell, J. B. 1998. J. Dairy Sci. 81:3222.
SAS user's guide. 1996 (version 8.1). SAS inst. Inc. Cary. NC.
Whitehouse, N. L., V. M., Olson, C. G.Schwab, W. R. Chesbro, K. D. Cunnigham, y K.D. Lycos. 1994. J. Anim. Sci. 72:1335.