EFECTOS DEL TIEMPO A pH SUBÓPTIMO SOBRE LA FERMENTACIÓN MICROBIANA RUMINAL EN CULTIVO CONTINUO[1]

M. Cerrato, S. Calsamiglia y A. Ferret
Dept. de Ciencia Animal y de los Alimentos, Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 - Bellaterra, España

INTRODUCCIÓN

Para satisfacer las necesidades energéticas de los animales de alta producción se utilizan dietas ricas en concentrado, lo que conduce a la reducción del pH ruminal. La reducción del pH por debajo de 6.0 tiene efectos negativos sobre la fermentación microbiana como la disminución de la digestibilidad de la fibra y de la materia orgánica (Mould y Ørskov, 1983), la disminución del crecimiento bacteriano (Russell y Dombrowski, 1980) y una modificación de la producción y proporción de ácidos grasos volátiles (AGV; Russell, 1998). Sin embargo, los sistemas de alimentación (INRA, 1989; AFRC, 1993; NRC, 2001) no consideran los efectos negativos del pH sobre la digestión y utilización de nutrientes, y pocos estudios han examinado directamente la relación entre las fluctuaciones del pH durante el día y la digestión. Aunque existe un rango de pH en el que la fermentación ruminal se optimiza (entre 6.2 y 6.7), las bacterias pueden resistir períodos cortos de pH bajo (Sauvant et al., 1999), y el tiempo en el que el pH se encuentra por debajo del óptimo tiene, posiblemente, mayor influencia sobre la digestibilidad de la ración que el pH medio (Hoover *et al.*, 1986). Sin embargo, no se sabe con exactitud cuanto tiempo el pH ruminal puede estar por debajo del óptimo sin afectar la fermentación. El objetivo de este proyecto fue determinar el tiempo (h) a pH por debajo del óptimo a partir del cual la fermentación ruminal se ve alterada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 7 fermentadores (1,320 ml) de doble flujo continuo en 3 períodos (5 d de adaptación, 3 d de muestreo) para estudiar los efectos del tiempo a pH subóptimo sobre la fermentación ruminal y el flujo de nutrientes. La temperatura (39ºC) y la tasa de dilución sólida (5%/h) y líquida (10%/h) se mantuvieron constantes. Se suministraron 95 g MS/d de una dieta 60:40 forraje:concentrado que cumplía las recomendaciones del NRC (2001) para alimentar vacas Holstein con una producción de 30 kg de leche. La dieta contenía 38.0% de alfalfa deshidratada, 20.4 % de maíz, 17.5% de ensilado de maíz, 14.6% de harina de soja, 8.8% de cebada, y 0.7% de una mezcla de minerales y vitaminas. Los tratamientos fueron un pH óptimo (6.4) constante y seis intervalos de tiempo (4, 8, 12, 16, 20, 24 h) durante el día a pH subóptimo (5.5). Durante los 3 días de muestreo se recolectaron 500 ml de efluente/d, se homogenizaron y se extrajeron muestras para la determinación de N amoniacal y AGV. Se liofilizaron 600 ml de efluente y se analizó la MS, MO, FND, 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 7 tratamientos y 3 períodos, considerando el período como bloque. Para

[1] Trabajo financiado por CICYT (proyecto AGL 2002 - 01642)

determinar el efecto del tiempo a pH ruminal subóptimo sobre la fermentación microbiana se realizó un análisis de contrastes ortogonales lineales (L), cuadráticos (Q) y cúbicos (C) utilizando el programa GLM del SAS (2000).

RESULTADOS

La dieta contenía 90.2% de MS, 18.4% de PB, 35.9% de FND y 21.6% de FAD. El tiempo a pH subóptimo no tuvo efectos sobre la degradabilidad verdadera de la MS y la MO, pero sí tuvo efectos en la digestibilidad de la FND y la FAD, que disminuyó de forma lineal. Después de 12 h a pH subóptimo aún se observaron niveles razonables de digestibilidad (Tabla 1).

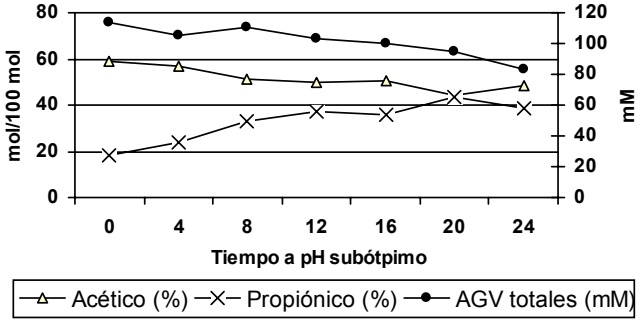
Tabla 1. Efectos del pH óptimo (6.4) y el tiempo (h) a pH subóptimo (5.5) sobre la degradabilidad ruminal de la MS, MO, la FND y la FAD.

Tratamientos	0	4	8	12	16	20	24	ESM[1]
Digestibilidad (%)								
MS verdadera	59.1	60.7	53.0	52.7	63.3	56.7	55.2	3.20
MO verdadera	57.0	58.4	52.0	52.2	59.6	54.5	53.3	1.91
FND[a]	45.3	51.4	38.4	41.9	44.6	34.6	31.7	4.81
FAD[a]	45.4	53.2	35.3	37.9	41.7	29.2	24.8	5.76

[1] ESM = error estándar.
[a] Efecto lineal del pH ($P < 0.05$).

El tiempo a pH subóptimo provocó una disminución lineal en la concentración de AGV totales (máximo a pH 6.4 constante, 113.2 mM; mínimo después de 24 h a pH 5.5, 83.5 mM) y la proporción de acetato (máximo a pH 6.4 constante, 59.2%; mínimo después de 20 h a pH 5.5, 48.8%). La proporción de propionato (máximo después de 20 h a pH 5.5, 43.4%; mínimo a pH 6.4 constante, 18.5%) y AGV ramificados (máximo a pH 6.4 constante, 4.4%; mínimo después de 20 y 24 h a pH 5.5, 0.15 y 0.16%, respectivamente), y la relación acetato:propionato (máxima a pH 6.4 constante, 3.3; mínima después de 20 y 24 h a pH 5.5, 1.0 y 1.2, respectivamente) disminuyeron de forma cuadrática al aumentar el tiempo a pH subóptimo, produciéndose los mayores cambios en los tratamientos de 0 a 12 h a pH subóptimo (Figura 1).

Figura 1. Efectos del pH óptimo (6.4) y el tiempo (h) a pH subóptimo (5.5) sobre AGV totales (mM) y la proporción de acetato y propionato (mol/100 mol).



El tiempo a pH subóptimo tuvo efectos lineales en la concentración de nitrógeno amoniacal (máxima a 4 h a pH 6.4, 4.95 mg/dL; mínima después de 20 h a pH 5.5, 2.9 mg/dL) y cuadráticos en la degradación de la PB (máxima a pH constante 6.4, 51.4%; mínima en el tratamiento 12 h a pH 5.5, 40.7%), el flujo de N dietario (máximo después de 12 h a pH 5.5, 1.84 g/d; mínimo a pH 6.4 constante, 1.51 g/d) y el flujo de N bacteriano (máximo a pH 6.4 constante, 1.42 g/d; mínimo después de 16 h a pH 5.5, 1.07 g/d), pero no afectó a la eficiencia de síntesis de proteína microbiana (Tabla 2).

Tabla 2. . Efectos del pH óptimo (6.4) y el tiempo (h) a pH subóptimo (5.5) sobre el metabolismo del Nitrógeno.

Tratamientos	0	4	8	12	16	20	24	ESM[1]
N amoniacal, mg/100 ml[a]	4.75	4.95	4.07	3.98	3.19	2.94	3.10	0.66
Flujo de N, g/d								
Total	3.07	2.99	3.06	3.07	2.99	3.16	3.00	0.06
Amoniacal[a]	0.15	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.10	0.02
No amoniacal	2.93	2.84	2.94	2.94	2.90	3.07	2.90	0.05
Microbiano[b]	1.42	1.22	1.21	1.10	1.08	1.28	1.30	0.10
Dietario[b]	1.51	1.61	1.73	1.84	1.82	1.78	1.60	0.10
g N bacteriano/Kg MOVD[2]	27.0	22.6	25.3	23.0	21.1	25.6	27.0	2.73
Digestibilidad PB (%)[b]	51.4	47.9	44.3	40.7	41.6	42.8	48.5	5.79

[a] Efecto lineal del pH ($P < 0.05$).
[b] Efecto cuadrático del pH ($P < 0.05$).
[1] ESM = Error estándar de la media
[2] MOVD = Materia orgánica verdaderamente digerida

CONCLUSIÓN

A medida que aumentó el tiempo a pH subótpimo disminuyó la degradación de la FND y la FAD, aunque se observaron niveles razonables de digestibilidad después de 12 h a pH subóptimo. Esto apoya la idea de que un pH ruminal reducido no causa la muerte de las bacterias y que éstas se mantienen en el rumen si el pH se mantiene suficiente tiempo por encima de 6.0 de manera que la población bacteriana pueda recuperarse. Los mayores cambios observados en los AGV se produjeron hasta las 12 h a pH subóptimo. El flujo de nitrógeno dietario fue máximo y la degradabilidad de la proteína mínima, después de 12 h a pH subóptimo. Los resultados sugieren que la fermentación se vio considerablemente afectada a partir de las 12 h a pH subóptimo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC, 1993. Agric. Food Res. CAB. International. Wallingford, UK.
Calsamiglia, S., et al. 2002. J. Dairy Sci. 85:574.
Hoover, W. H., 1986. Chemical J. Dairy Sci. 69:2755.
INRA. 1989. R. Jarrige, ed. Libbey Eurotex, Paris.
Mould, F. L., and R. E. Ørskov. 1983/84. Anim. Feed Sci. Technol. 10:1.
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.
Russell, J. B., Dombrowski, D. B., 1980. Appl. Environ. Microbiol. 39:604
SAS user's guide. 2000 (version 8.1). SAS inst. Inc. Cary. NC.
Sauvant, D., Meschy, F., Mertens, D., 1999. INRA Prod. Anim. 12:49.
Whitehouse, N. L., et al. 1994. J. Anim. Sci. 72:1335.