EFECTO DEL pH SOBRE LA FERMENTACIÓN MICROBIANA Y EL FLUJO DE NUTRIENTES EN UN SISTEMA DE DOBLE FLUJO CONTINUO

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

INTRODUCCIÓN

El pH en el rumen está cerca de la neutralidad. El uso de cereales e ingredientes fibrosos rápidamente fermentables en la ración, provoca una disminución en el pH ruminal y cambios en la proporción molar de AGVs frecuentemente asociados con la reducción del contenido graso de la leche. En la práctica, la reducción del pH ruminal está determinada por la fermentabilidad de la ración, la frecuencia de administración del alimento, y/o la adición de sustancias tampón (Mould et al., 1984; Kaufmann, 1976; Grant y Mertens, 1992). En consecuencia, es difícil diferenciar los efectos propios del pH ruminal de los de la dieta y el manejo de la alimentación. El objetivo de este experimento fue estudiar los efectos del pH sobre la fermentación microbiana y el flujo de nutrientes manteniendo constante el tipo de dieta y las condiciones de fermentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 8 fermentadores (1325 ml) de flujo doble continuo desarrollado por Hoover et al. (1976). Este sistema fue diseñado para simular a través de un sistema de filtros y bombas peristálticas, los ritmos de paso diferenciales de las fracciones líquidas y sólidas típicas del rumen. En nuestro caso se mantuvieron al 10 y 5%, respectivamente. La temperatura se mantuvo constante a 38 ^{0}C. El alimento se suministró de manera semicontínua (0.66 g/10 min) mediante un comedero automático. El inóculo se extrajo de una vaca canulada, alimentada con una dieta 60:40 forraje:concentrado. Las condiciones de fermentación se controlaron mediante un PC y un PLC (FieldPoint, National intruments, USA) y el programa informático LabView (LabView, USA).

Se suministraron a cada fermentador 95 g/día de MS de una dieta 60:40 forraje: concentrado que cumplía las recomendaciones del NRC (1989) para alimentar una vaca en lactación con una producción de leche de 25 Kg/día al 4% de grasa. La dieta contenía (% MS) 28.3% de heno de alfalfa, 32.2% de ray grass, 22.2% de maíz, 9.4% soja, 4.6% melaza, 2.19% de Megalac, 0.32% de $Ca_3(PO_4)_2$, 0.26% de sal, y 0.53% de una mezcla de vitaminas y minerales.

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 dos periodos consecutivos, cada uno con 5 días de adaptación y 3 días de muestreo. En los días de muestreo, los efluyentes se mantuvieron a 5 °C. Posteriormente, las dos fracciones se mezclaron y se obtuvo una muestra representativa de 500 ml. De los 1500 ml obtenidos en los 3 días, se extrajeron 3 submuestras: una para N total (Kjeltec Auto 1030 Analyser Tecator), otra muestra (4 ml) conservada con 4 ml de HCl 0.2N para la determinación de amoniaco (Chaney y Marbach, 1962), y otra (4 ml) conservada con 1 ml de solución desproteinizante para determinar los ácidos grasos volátiles (AGV, Jouany, 1982). Otros 600 ml adicionales se liofilizaron y posteriormente se analizaron la MS, MO (AOAC, 1990),

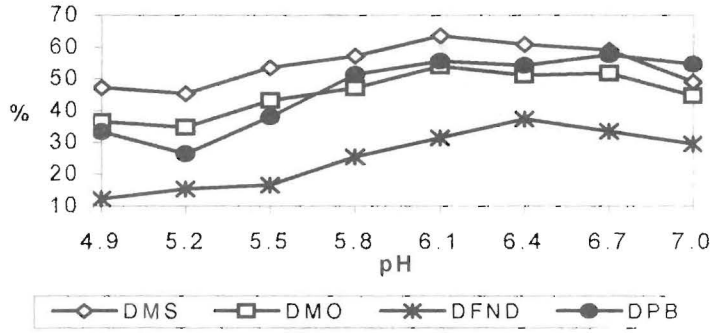
FND y FAD (Van Soest et al., 1991), y bases púricas del efluyente y de las bacterias (Balcells et al., 1992).

El diseño experimental elegido para el presente trabajo fue de bloques completamente al azar con 8 tratamientos y dos periodos, considerando el período como efecto bloque. Para determinar el efecto del pH sobre la fermentación microbiana, se realizó un análisis de contrastes lineales (L), cuadráticos (Q) y cúbicos (C) utilizando el programa GLM del SAS (1992).

RESULTADOS

La dieta contenía 17% de PB, 40% de FND, 25% de FAD y 31% de CNF. Se observaron efectos C en las digestibilidades de la materia orgánica, FND y AGV totales (figura 1).

Figura 1. Efectos del pH sobre los coeficientes de degradabilidad ruminal de la MS (DMS) de la MO (DMO) de la FND (DFND) y la PB (DPB)



La degradación de la PB (pico más bajo a pH 5.2, 26% y el más alto a pH 6.7, 58%) (figura 1), el flujo de N no amoniacal (pico más bajo a pH 7.0, 2.77 g/día, y el más alto a pH 5.5, 3.06 g/día) y el flujo de N dietario (pico más bajo a pH 6.7, 1.20 g/día y el más alto a pH 5.2, 2.03 g/día) (Tabla 1) tuvieron una evolución L. Por otro lado, la evolución del $N\text{–}NH_3$ fue C, donde el pico más alto fue a pH 7.0 (14.1 mg/dl) y el más bajo a pH 5.5 (3.19 mg/dl).

Tabla 1:Efectos del pH sobre el metabolismo del Nitrógeno.

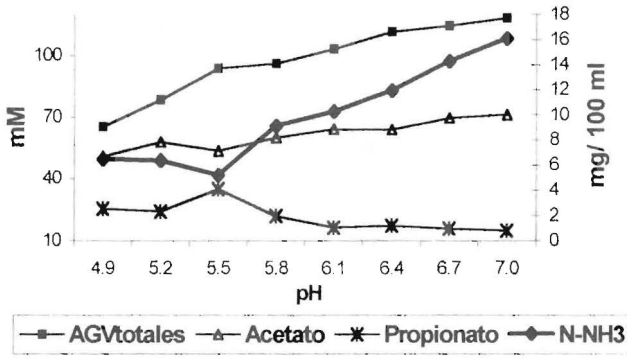
Tratamientos	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0
N amoniacal, mg/dL [3]	4.46	4.37	3.19	7.14	8.31	9.95	12.3	14.1
Flujo de N, g/d total	3.11	3.17	3.17	3.12	3.13	3.24	3.23	3.22
· Amoniacal [3]	0.14	0.14	0.10	0.23	0.26	0.31	0.40	0.45
· No amoniacal [1]	2.97	3.04	3.06	2.89	2.87	2.93	2.83	2.77
- Microbiano [2]	1.12	1.00	1.34	1.52	1.62	1.64	1.63	1.49
- Dietario [1]	1.85	2.03	1.73	1.37	1.25	1.29	1.20	1.28
g N bacteriano/Kg MOVD*	35.99	34.5	36.5	37.9	35.15	37.64	36.97	38.93

[1] Efecto Lineal del pH ($P<0.05$)
[2] Efecto Cuadrático del pH ($P<0.05$)
[3] Efecto Cúbico del pH ($P<0.05$)
* Materia orgánica verdaderamente digerida

La evolución del flujo de N bacteriano fue Q (Tabla 1) , siendo el pico más bajo a pH 5.2 (1.00 g/día) y el más alto a pH 6.4 (1.64 g/día). El pH no afectó a la eficiencia de la síntesis de proteína microbiana (media de 36.7 g N/kg MO verdaderamente digerida).

El efecto del pH sobre la concentración de AVG totales fue Q (pico más bajo a pH 4.9, 65 mM, y el más alto a pH 7.0, 118 mM), L para la proporción molar de acetato (pico más bajo a pH 4.9, 51 mg/100ml y el más alto a pH 7.0, 71 mg/100ml) y C para el propionato (pico más bajo a pH 6.1, 17 mg/100ml y el más alto a pH 5.5, 22 mg/100ml) (figura. 2). El efecto del pH fue C para los AGV de cadenas ramificadas (el pico más alto fue a pH 7.0, 2.3%; y el más bajo a pH 5.5, .4%) y para la relación acetato propionato (el pico más alto fue a pH 7.0, 4.8; y el más bajo a pH 5.5, 1.5).

Figura 2. Efecto del pH sobre N-NH3, AGV totales, acetato y propionato.



CONCLUSIONES

Considerando que la dieta y las condiciones de fermentación se mantuvieron constantes en todos los tratamientos, el pH fue directamente responsable de los cambios observados en la fermentación.

Al disminuir el pH por debajo de 6.1, disminuyó las concentraciones de AGV totales, la proporción molar de acetato, la concentración de amoniaco, el flujo de N bacteriano, y aumentó el flujo de N dietario. Los resultados indican que la fermentación microbiana fue óptima entre pH 6.1 y 6.7.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOCA. 1990. Official methods of analysis (15th Ed.) AOAC, Arlington, VA

Balcells, J.J., et al. 1992. J Chromatogr. 575: 153

Chaney, A.L., y E.P. Marbach. 1962. Clin. Chem. 8:130

Grant, R.J., y D.R. Mertens. 1991. J. Dairy Sci. 75: 1581

Hoover, W.H., et.al. 1976. J. Anim. Sci. 43:528

Jouany, J.P. 1982. Sci. Aliments 2: 131

Kaufmann, W. 1976. Livest. Prod. Sci. 3: 103

Mould, F.L, y E.R. Ørskov. 1984. Anim. Feed Sci. Technol. 10:1

NRC, 1989. Nutrient requirements of Dairy Cattle, 6th Ed. Nat. Acad.Press. Washington, DC

Van Soest, P.J., et al. 1991. J. Dairy. Sci. 74: 3588