

PREDICCIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA ORGÁNICA DE SILOS DE HIERBA MEDIANTE LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE GAS. I. CÁLCULO DE LAS ECUACIONES DE PREDICCIÓN

A. García-Rodríguez¹, A. Igarzabal¹, L. Lorenzo¹, L. M. Oregui¹ y G. Flores²

¹ NEIKER, A.B. - Granja Modelo de Arkaute, Apartado 46, 01080 Vitoria-Gasteiz

² Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10, 15080 A Coruña

INTRODUCCIÓN

El silo de hierba es un componente importante de la ración del vacuno y ovino lechero lo que muestra en interés de disponer de metodologías que permitan una valoración rápida y adecuada de este alimento. En este sentido, la técnica NIR permite una obtención rápida de resultados, pero exige disponer de un gran número de muestras previamente valoradas. Este hecho puede ser problemático a la hora de determinar la digestibilidad aparente de la materia orgánica (DMO) o la cinética de degradación ruminal ya que se necesita una determinación *in vivo* o *in situ* que resulta costosa tanto en tiempo como en mano de obra. La técnica de producción de gas permite estimar estos parámetros de una forma rápida y económica. Es por ello, que el objetivo de este trabajo ha sido el desarrollo de ecuaciones predicción de la DMO de silos de hierba a través de la técnica de producción de gas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio, se seleccionaron 74 muestras de silos de hierba de la colección del CIAM en base a su rango de variación de la DMO (media=665 g Kg⁻¹ MS; rango=324 g Kg⁻¹ MS) y se determinaron los contenidos medios de PB (136 g Kg⁻¹ MS), FND (531 g Kg⁻¹ MS), FAD (359 g Kg⁻¹ MS), pH (4,4) y materia seca (234 g MS Kg⁻¹ MF).

La metodología seguida para el desarrollo de la técnica de producción de gas se describe en la comunicación complementaria de este mismo volumen (García-Rodríguez *et al.*, 2003).

El perfil de producción de gas obtenido se ajustó al modelo $p=A+B(1-e^{-ct})$ (Orskov y McDonald, 1979), donde A representa la fracción inmediatamente soluble, B la fracción insoluble pero potencialmente degradable y c corresponde a la tasa de degradación ruminal, siendo t el tiempo transcurrido desde la inoculación del líquido ruminal.

Con el objetivo de establecer la posible relación entre la digestibilidad aparente de la materia orgánica y los parámetros de la curva de producción de gas (producción acumulada o parámetros resultantes de su ajuste al modelo anteriormente descrito), contenido en PB, FND, FAD, pH y materia seca del silo, se utilizó el procedimiento de regresión múltiple (selection stepwise)(S.A.S 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los análisis realizados el pH al final del periodo de incubación se mantuvo por encima de 6,0, lo que permite asumir que desaparición de MO y la producción de gas mantuvieron una relación lineal (Pell y Schofield, 1993).

Los parámetros seleccionados por el procedimiento de regresión múltiple y las ecuaciones de predicción de la DMO resultantes se encuentran en la tabla 1.

Se han encontrado buenas correlaciones entre la DMO y los parámetros resultantes del ajuste al modelo (tabla 1; $R^2=0,706$; $rsd=41,40$). En consonancia con lo encontrado por otros autores (Khazaal *et al.*, 1993), se encontraron valores medios negativos del parámetro A lo que indicaría la existencia de una fase de

latencia. La tasa de degradación (c) explica un mayor porcentaje de la varianza de la DMO ($R^2=0,512$) frente a los parámetros B ($R^2=0,155$) y A ($R^2=0,039$), pudiendo indicar que en estos silos la DMO esta más influenciada por la disponibilidad que por el contenido total de nutrientes.

Tabla 1 Ecuaciones de predicción de la DMO a partir de la producción acumulada de gas, modelización, PB, FND, FAD, pH y materia seca.

Ecuación y parámetros	R^2	P<	rsd
(1) $567,60+7,02(G12)-17,87(G15)+11,09(G19)+10,97(G36)-9,94(G72)$	0,793	0,0001	35,23
G15	*0,433	0,0015	
G12	*0,131	0,0153	
G72	*0,043	0,0001	
G36	*0,169	0,0011	
G19	*0,017	0,0195	
(2) $181,15-8,47(G15)+10,52(G19)-0,73(G96)+0,92(CP)$	0,829	0,0001	31,80
G15	*0,115	0,0001	
G19	*0,492	0,0001	
G96	*0,017	0,0116	
CP	*0,205	0,0001	
(3) $302,27-1,78(G2)-8,91(15)+11,08(G19)-0,77(G96)+0,21(MS)-36,00(pH)+0,97(CP)$	0,868	0,0001	28,50
G2	*0,008	0,0419	
G15	*0,115	0,0001	
G19	*0,492	0,0001	
G96	*0,017	0,0039	
MS	*0,018	0,0008	
pH	*0,013	0,0001	
CP	*0,205	0,0001	
(4) $163,16-1,73(A)+0,96(B)+4565,60(c)$	0,706	0,0001	41,40
A	*0,039	0,0033	
B	*0,155	0,0001	
c	*0,512	0,0001	
(5) $226,03+1,40(B)+1777,10(c)+0,79(CP)-0,25(FND)$	0,801	0,0001	34,30
B	*0,155	0,0001	
c	*0,512	0,0027	
CP	*0,116	0,0001	
FND	*0,018	0,0146	
(6) $303,33-1,78(A)+0,91(B)+4711,46(c)-31,39(pH)$	0,744	0,0001	38,87
A	*0,039	0,0013	
B	*0,155	0,0001	
c	*0,512	0,0001	
pH	*0,038	0,0019	
(7) $170,41+1,35(B)+2684,35(c)+1,00(CP)-32,09(pH)$	0,823	0,0001	32,32
c	*0,512	0,0001	
B	*0,155	0,0001	
CP	*0,116	0,0001	
pH	*0,040	0,0002	

*: R^2 parciales

G2, G12, G15, G19, G36, G72, G96: producción acumulada de gas ($ml\ g^{-1}\ MO$) a las 2, 12, 15, 19, 36, 72 y 96 horas tras la inoculación.

A, B, c: parámetros resultantes del ajuste al modelo de Orskov y McDonald (1979).

CP: contenido en proteína bruta ($g\ Kg^{-1}\ MS$)

FND: contenido en fibra neutro detergente ($g\ Kg^{-1}\ MS$)

MS: contenido en materia seca ($g\ Kg^{-1}\ MS$)

Sin embargo, la utilización de los coeficientes del ajuste al modelo de Orskov y McDonald (1979) no ofrece ninguna ventaja estadística frente a la utilización de valores puntuales de la producción acumulada de gas en lo que se refiere a la predicción de la DMO (0,706 vs. 0,793). La producción acumulada de gas durante las horas iniciales (24 h) explica un mayor porcentaje de la varianza que la producción acumulada durante las horas finales (0,581 vs. 0,212). Producciones de gas altas en horas iniciales indican contenidos altos en hidratos de carbono solubles (Blümmel y Becker, 1997) o una mayor disponibilidad de la materia orgánica.

La precisión de la estimación de la DMO se ve mejorada al introducir parámetros de analítica química, siendo el contenido en PB el principal responsable de esta mejora. Esto puede ser debido a que la producción total de gas procedente de la fermentación de proteína es menor que la de los hidratos de carbono (Menke y Steingass, 1988). Por lo tanto, la digestibilidad de aquellos alimentos con mayor contenido en proteína puede verse infravalorada en las ecuaciones de predicción en las que sólo se utilicen parámetros estimados a partir de la producción de gas.

La inclusión de parámetros de ensilabilidad (pH y MS), ya sea solos o en combinación con parámetros de analítica química mejoran mínimamente la precisión de la estimación. Ello podría asociarse a una mejor conservación del material ensilado a menor pH para un mismo contenido en MS, en especial de sus componentes hidrosolubles (proteína e hidratos de carbono). Sin embargo, el pH es un parámetro que está sujeto a modificaciones durante el proceso de muestreo y su remisión al laboratorio, por lo que el pH laboratorial puede no representar fiablemente al del silo.

La precisión alcanzada mediante cualquiera de las ecuaciones descritas en la tabla 1 es superior a la alcanzada mediante técnicas basadas en el contenido de paredes celulares (MADFF: $R^2=0,34$; $rsd=51$), técnicas enzimáticas ($R^2=0,55$; $rsd=42$), y el método Tilley y Terry (1963) ($R^2=0,74$; $rsd=32$) (Barber *et al.*, 1990). Además, la técnica de producción de gas presenta la ventaja añadida de aportar una estima de la cinética de degradación ruminal, por lo que aporta información no sólo de la digestibilidad potencial sino también de la digestibilidad efectiva del animal, en función del modo de inclusión del alimento en el conjunto de la dieta.

En conclusión, la técnica de producción de gas permite obtener buenas ecuaciones de predicción de la DMO de silos de hierba, que sin embargo, precisan ser validadas para evaluar su robustez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barber, G. D., Givens, D. I., Kridis, M. S., Offer, N. W. y Murray, I. (1990). *Anim. Feed Sci. Technol.* **28**: 115-128.
- Blümmel, M. y Becker, K. (1997). *Br. J. Nutr.* **77**: 757-768.
- García-Rodríguez, A., Lorenzo, L., Igarzabal, A., Oregui, L. M. y Flores, G. (2003). *ITEA*: En este volumen
- Khazaal, K., Dentinho, M. T., Ribeiro, J. M. y Orskov, E. R. (1993). *Anim. Prod.* **57**: 105-112.
- Menke, K. H. y Steingass, H. (1988). *An. Res. Develop.* **28**: 7-55.
- Orskov, E. R. y McDonald, I. (1979). *J. Agric. Sci. (Camb.)* **92**: 499-503.
- Pell, A. N. y Schofield, P. (1993). *J. Dairy Sci.* **76**: 1063-1073.
- S.A.S (1988). *SAS/Stat User's Guide*. Cary, NC, Estados Unidos.
- Tilley, J. M. y Terry, R. A. (1963). *J. Br. Grassl. Soc.* **18**: 104-111.