

APLICACIÓN DE LA ESPECTROSCOPÍA DE REFLECTANCIA EN EL INFRARROJO CERCANO (NIR) PARA LA ESTIMACION DE LA DEGRADACIÓN DE FORRAJES EN EL RUMEN

M. Safigueroa¹, F.J. Giráldez¹, P. Frutos¹, P. R. Medina², A.R. Mantecón¹

¹ Estación Agrícola Experimental, CSIC. Apdo 788 (24080). León

² Departamento de Zootecnia. Universidad de Extremadura. (10071). Cáceres

INTRODUCCION

Para estimar la degradabilidad de los alimentos en el rumen se utiliza como método de referencia la técnica de incubación de las bolsas de nylon. Sin embargo, ésta presenta limitaciones para su utilización de forma rutinaria, por lo que se ha intentado predecirla, a partir de parámetros relativamente más sencillos de determinar, tales como los de composición química.

No obstante, la utilización de la composición química también presenta inconvenientes, ya que algunas de las técnicas convencionales de análisis laboratorial son costosas en material y tiempo. Por este motivo, sería deseable disponer de un parámetro indicativo de las características químicas de los alimentos, cuya determinación fuese rápida, sencilla y económica.

En este sentido, la espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR) podría ser un método alternativo, ya que reúne las condiciones antes señaladas. De hecho, algunos trabajos han constatado su utilidad para estimar la composición química o la digestibilidad de los forrajes (Norris *et al.*, 1976; Clark y Lamb, 1991; Albanell *et al.*, 1995). Ahora bien, la aplicación de esta metodología para estimar la degradabilidad de los forrajes no ha sido aún suficientemente explorada, motivo por el cual se planteó el presente trabajo.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 15 muestras de raigrás perenne (*Lolium perenne*) y 15 muestras de trébol blanco (*Trifolium repens*) procedentes de una pradera de regadío, sembrada en 1991 con una mezcla de ambas especies. Estas muestras fueron obtenidas en diferentes momentos, a lo largo de las estaciones de primavera, verano y otoño, con la finalidad de lograr diferencias en la composición química de las plantas y en su degradabilidad en el rumen.

Las muestras fueron secadas en estufa a 60 °C hasta peso constante. A continuación se molieron utilizando un molino de martillos provisto de una malla con un tamaño de paso de 2 mm.

Cada muestra se dividió en 2 submuestras: una para determinar la degradabilidad en el rumen y otra que se molió a 1 mm y se empleó para estudiar la composición química y obtener el espectro infrarrojo.

La degradabilidad ruminal de la materia seca se determinó mediante la técnica de las bolsas de nylon (Ørskov *et al.*, 1980). Para ello, se incubaron los substratos correspondientes durante 12, 24 y 48 horas en el rumen de 3 ovejas de raza merina (PV = 48,6 ± 2,11 Kg). Los animales recibieron diariamente, como dieta basal, 1000 g de heno de alfalfa y 400 g de cebada en grano. Además, dispusieron en todo momento, de un bloque corrector vitamínico-mineral y de agua limpia a voluntad.

El contenido en cenizas y proteína bruta (PB) de las muestras se determinó siguiendo los procedimientos de la AOAC (AOAC, 1990). Los contenidos en fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente

(LAD) se determinaron de acuerdo con el método de ANKOM® (ANKOM Technology Corporation, 1993).

Para la obtención del espectro de absorbancia ($\log 1/\text{Reflectancia}$) en el infrarrojo cercano de las muestras se realizó una lectura por duplicado de cada muestra, en el rango comprendido entre 1100 y 2500 nm, utilizando un espectroscopio modelo Infra-Alyzer 500 de Bran+Luebbe y el programa informático SESAME (Sesame, 1995). Las dos lecturas se promediaron para obtener un único espectro por muestra.

Los datos de absorbancia fueron transformados mediante la corrección multiplicativa de la dispersión muestral (Multiplicative Scatter Correction), realizándose a partir de los mismos un análisis de componentes principales para reducir la información a un número menor de variables. Se extrajeron 10 factores (componentes) que explicaron el 100% de la variación total. Todos estos tratamientos matemáticos se llevaron a cabo con el programa informático Unscrambler (Unscrambler, 1993).

Las ecuaciones de predicción de la degradabilidad de la materia seca a partir de la composición química y del espectro infrarrojo (componentes principales) se obtuvieron mediante regresión lineal utilizando el método stepwise. Para realizar el ajuste matemático se utilizó el programa informático SAS (SAS, 1989).

Para estudiar la bondad de la predicción se analizó la media de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los estimados (MSPE) de acuerdo con el procedimiento descrito por Bibby y Toutenburg (1977). Se consideró que el error medio de la predicción era igual a la raíz cuadrada de la MSE.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los valores medio, mínimo y máximo de la degradabilidad de la materia seca a las 12, 24 y 48 horas, así como de la composición química, de las muestras de forraje utilizadas en el presente estudio.

Tabla 1. Valores medio, mínimo y máximo de la degradabilidad (%) de la materia seca a las 12 (DMS₁₂), 24 (DMS₂₄) y 48 (DMS₄₈) horas de incubación y de los contenidos (g/kg MS) en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) de los forrajes.

	DMS12	DMS24	DMS48	MO	PB	FND	FAD	LAD
V.medio	48,99	66,38	75,45	804	138	424	250	41
V. mínimo	34,28	40,51	51,54	774	66	267	171	16
V. máximo	77,84	88,62	94,71	841	205	542	327	77

La degradabilidad de la materia seca, tanto a las 12 como a las 24 y 48 horas de incubación, estuvo correlacionada positivamente con el contenido en proteína bruta ($r = 0,83, 0,86$ y $0,86$ para la DMS₁₂, DMS₂₄ y DMS₄₈, respectivamente) y negativamente con los contenidos en FND ($r = -0,88, -0,59$ y $-0,76$ para la DMS₁₂, DMS₂₄ y DMS₄₈, respectivamente) y FAD ($r = -0,83, -0,58$ y $-0,77$ para la DMS₁₂, DMS₂₄ y DMS₄₈, respectivamente).

Los coeficientes de determinación de las ecuaciones de predicción de la degradabilidad de la materia seca, a partir de los datos de absorbancia en el infrarrojo fueron relativamente altos (ver tabla 2), tal y como cabía esperar, dada la estrecha relación existente entre la degradabilidad y la composición química y entre ésta y el espectro infrarrojo. Resultados similares fueron obtenidos por Todorov *et al* (1994) al intentar predecir la degradabilidad efectiva de forrajes empleando la técnica NIR.

Tabla 2: Número de factores (variables independientes), coeficiente de determinación (R^2), error medio de predicción (EMP) y error aleatorio (U^D) de las ecuaciones de predicción de la degradabilidad de la materia seca, a las 12 (DMS₁₂), 24 (DMS₂₄) y 48 horas (DMS₄₈) de incubación, obtenidas a partir del espectro infrarrojo de los forrajes.

	Nº de factores	R^2 (%)	EMP	U^D (%)
DMS ₁₂	3	80,71	4,38	100
DMS ₂₄	5	84,70	4,91	100
DMS ₄₈	2	74,16	5,48	100

Por otra parte, el análisis de la MSPE puso de manifiesto que en todos los casos el 100% del error fue de tipo aleatorio (U^D), siendo nulo, por tanto, el sesgo y el error de pendiente. Asimismo, es importante destacar que el error medio de predicción en términos relativos, es decir, como proporción del valor medio, fue menor que la variabilidad observada entre animales en la DMS₁₂ (8,94 vs 11,73%) y DMS₂₄ (7,40 vs 9,37%) y sólo ligeramente superior en la DMS₄₈ (7,26 vs 4,22%).

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que la técnica de la espectroscopia en el infrarrojo cercano permite estimaciones fiables de la degradabilidad de la materia seca, comparables a las de otros métodos alternativos. En consecuencia, la técnica NIR podría ser una herramienta analítica muy útil en la valoración nutritiva de los forrajes, especialmente en aquellos esquemas de valoración orientados al sector productivo, en los que es recomendable incorporar técnicas que permitan realizar estimaciones rápidas y económicas.

AGRADECIMIENTOS

M. Safigueroa disfrutó de una beca predoctoral concedida por el Instituto de Cooperación Iberoamericana. Este trabajo forma parte del contrato de investigación suscrito entre el CSIC y la empresa Bran+Luebbe.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albanell, E.; Plaixats, J.; Ferret, A.; Bosch, L. and Casañas, F. (1995). *Journal of the Science, Food and Agricultural*. 69: 269-273.
- AOAC. (1990). Association of Official Analytical Chemist. Washington DC. USA.
- Bibby, J. and Toutenburg, H. (1977). Prediction and Improved Estimation in Linear Models. Ed. John Wiley & Sons Ltd. GDR.
- Clark, D.H. and Lamb, R.C. (1991). *Journal of Dairy Science*. 74: 2200-2205.
- Norris, K.H.; Barnes, R.F.; Moore, J.E. and Shenk, J.S. (1976). *Journal of Animal Science*. 43: 889-897.
- SAS (1989). SAS/STAT® User's Guide Int. (version 6, 4th De.) SAS Inst. Inc., Cary. NC, USA.
- SESAME. (1995). SESAME Operation manual (version 1.11) by Bran+Luebbe. Gmb H, Norderstedt, Germany.
- Todorov, H.; Atanassova, S.; Pavlov, D. and Grigorova, R. (1994). *Livestock Production Science*. 39: 89-91.
- UNSCRAMBLER (1993). UNSCRAMBLER. User's Guide (version 5,03). CAMO A/S. Trondheim, Norway.