MODELIZACIÓN DE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN RUMINAL IN VITRO DE LOS CÍTRICOS DE DESTRÍO EN OVINO

Piquer O., Casado C., Biglia S., Pascual J.J.
Departamento de Ciencia Animal. Universidad Politécnica de Valencia

INTRODUCCIÓN

La Comunidad Valencia es una gran productora de cítricos, produciendo entre 3,5 y 3,8 millones de toneladas por campaña. Éstos cítricos se destinan mayoritariamente al mercado fresco e industria de transformación, pero un 2-3% de este total (porcentaje variable cada año) se retira del mercado de productos frescos, para evitar grandes fluctuaciones en dicho sector, siendo denominado cítrico de retirada. Éstos cítricos generan un importante problema medioambiental debido a la dificultad de su destrucción. Por lo que hay que buscar soluciones respetuosas con el medio ambiente, como podría ser su utilización para la alimentación de rumiantes.
Cuando los cítricos se destinan a la ganadería rumiante, el producto ofertado presenta una gran variabilidad: la retirada y el destrío (no cumple requisitos mercado fresco) van mezclados; se incluye naranjas, mandarinas, limones y pomelos, con sus distintas variedades dentro de cada clase de cítricos; a lo que hay que añadir la duración de la campaña citrícola (de septiembre-octubre a mayo-junio). Por lo general se trata de un producto altamente fermentable, con una degradabilidad efectiva de su materia seca del 80-90% (Alvir y col., 2001; Ítavo y col., 2000).
Las técnicas de producción de gas *in vitro* que permiten estimar la digestibilidad ruminal de los distintos componentes de los alimentos, podría ser una adecuada herramienta para evaluar la variabilidad fermentativa de estos productos. Las ecuaciones más habituales son las de Ørskov y McDonald (1979), McDonald (1981), France y col. (1993), Schofield y col. (1994). Estas ecuaciones permiten distinguir distintas fracciones (soluble, insoluble pero degradable e insoluble), así como la tasa fraccional de degradación de la fracción insoluble pero degradable.
El objetivo de este trabajo es buscar un modelo que permita estudiar de forma adecuada el comportamiento fermentativo de los distintos cítricos de destrío, y estudiar si existen diferencias fermentativas entre ellos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se recogieron 125 muestras de cítricos de destrío de distintas comarcas de la Comunidad Valenciana (desde el norte de Castellón hasta el sur de Alicante), durante la campaña citrícola 2002-2003 (de noviembre a marzo). De las 125 muestras: 51 fueron naranjas, 61 mandarinas, 10 limones y 3 pomelos; 19 muestras pertenecían a la provincia de Castellón, 66 a la provincia de Valencia y 40 a la provincia de Alicante.
El líquido ruminal utilizado en la fermentación *in vitro* provenía de tres ovejas de la raza manchega con fístulas ruminales. Estos animales eran alimentados una vez al día con de 700 g. de pulpa de naranja ensilada, 200 g. de trigo, 300 g. de alfalfa, 200 g. de paja y 50 g. de soja, y disponibilidad de agua *ad libitum.*
La técnica de producción de gas utilizada fue la descrita por Theodorou y col. (1994), con alguna pequeña modificación para ajustarlo al producto a evaluar, y tomando medidas de presión a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36 y 48 horas tras el inicio de la incubación. Las curvas de fermentación medias fueron ajustadas a los modelos

descritos por Ørskov y McDonald (1979), McDonald (1981), France y col. (1993), Schofield y col. (1994), para encontrar un modelo adecuado a los cítricos de destrío en ovino, mediante el procedimiento de regresión no lineal (PROC NLIN) del paquete estadístico SAS (1990). A partir de este procedimiento se obtuvo estimas por mínimos cuadrados de los distintos parámetros de los modelos.
El principal criterio para la comparación de modelos fue inicialmente la desviación estándar residual (RSD) y el coeficiente de determinación (R^2) de los modelos obtenidos a partir de las curvas de fermentación media.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra el ajuste y los parámetros estimados para los distintos modelos de degradación *in vitro* de la curva de degradación media de los cítricos de destrío analizados. Podemos observar como el ajuste es muy elevado para todos los modelos (R^2 > 0.97).

Tabla 1. Parámetros estimados y ajuste –coeficiente de determinación (R^2) y desviación estándar residual (RSD) – de la curva de degradación media de los cítricos de destrío a distintos modelos de degradación *in vitro*.

Modelos	A(ml)	B_1(ml)	B_2(ml)	C_1(h^{-1})	C_2(h^{-1})	L(h)	R^2	RSD
Ørskov y McDonald (1979)	0	188.7		0.1439			0.9754	8.323
McDonald (1981)	0	184.4		0.1899		1.1881	0.9966	3.241
France y col. (1993)	0	185.2		0.1551	-0.1424*	1.2951	0.9968	3.364
Schofield y col. (1994)	0	149.6	34.8	0.2235	0.1085	1.2662	0.9971	3.176

A: Fracción soluble fácilmente degradable (normalmente carece de sentido en incubaciones *in vitro*).
B: Fracción/es insoluble/s pero degradable (B_1 y B_2).
C: Tasa fraccional de degradación de la fracción/es insoluble/s (C_1 y C_2).
L: Tiempo de arranque de la degradación microbiana.
* C2 en el modelo de France es la tasa fraccional dependiente del tiempo ($h^{-1/2}$)

El modelo de Ørskov y McDonald (1979) presenta el peor de los ajustes y el mayor valor para la desviación estándar residual (RSD= 8.3 ml). Al introducir el parámetro L (tiempo de arranque de la fermentación microbiana) en el modelo anterior, disminuye el RSD a 3.2 ml, obteniéndose así el modelo de McDonald (1981). El modelo de France y col. (1993), con una tasa fraccional de degradación µ ($\mu=C1+C2/t^{1/2}$) dependiente del tiempo tiene un buen ajuste. Sin embargo, el modelo de Schofield y col. (1994) que posibilita la existencia de dos fracciones insolubles altamente digestibles con diferentes tasas fraccionales de degradación, a parte de presentar el mejor ajuste y el menor error de predicción, aunque podría ser debido a su mayor número de parámetros, permite una mejor interpretación biológica para el caso de los cítricos de destrío. Este modelo presenta una fracción mayoritaria, B_1 (80%), con una tasa fraccional de degradación, C_1= 0.22 h^{-1}, y una fracción minoritaria, B_2 (20%), con una tasa fraccional de degradación menor, C_2= 0.11 h^{-1}.
En la Tabla 2 se muestran los valores medios para los distintos parámetros de degradación en función del tipo de cítrico de destrío. Se observa que a partir del modelo de McDonald (1981) la fracción B_1 es similar en los tres tipos de cítrico (183 a 187 ml) y que dicha fracción se degradaría con una misma C_1 en mandarinas y naranjas aunque esta sería más lenta en el caso de los limones. Por otra parte el menor valor de L de los limones podría explicarse por su menor contenido en azúcares.

Tabla 2. Parámetros de cinética de degradación para los distintos tipos de cítricos de destrio.

Modelos	Tipo de cítrico	B_1(ml)	B_2(ml)	C_2(h^{-1})	C_2(h^{-1})	L(h)
McDonald (1981)	Naranja	185.4		0.193		1.252
	Mandarina	182.9		0.198		1.259
	Limón	187.2		0.154		0.546
Schofield y col. (1994)	Naranja	153.4	32.0	0.227	0.102	1.327
	Mandarina	146.6	36.3	0.248	0.105	1.344
	Limón	110.9	72.21	0.213	0.109	0.705

B: Fracción/es insoluble/s pero degradable (B_1 y B_2).
C: Tasa fraccional de degradación de la fracción/es insoluble/s (C_1 y C_2).
L: Tiempo de arranque de la degradación microbiana.

Sin embargo, el análisis de los valores obtenidos a partir del modelo de Schofield y col. (1994) nos daría más información. Tanto naranjas como mandarinas dispondría de una fracción mayoritaria, B_1 (≈150 ml), con una alta tasa de degradación, C_1= 0.23 h^{-1}, mientras que existiría una segunda fracción minoritaria B_2 (≈34 ml) que mostraría una velocidad de degradación inferior, C_2=0.10 h^{-1}. En el caso de los limones los resultados son muy interesantes ya que presentan dos fracciones importantes con diferente tasa fraccional de degradación.
De esta forma podemos concluir que de los modelos analizados en el presente trabajo, el modelo de Schofield y col. (1994) presentaría un mayor potencial de utilización en el caso de los cítricos de destrio, ya sea por su buen ajuste como por su idoneidad a la hora de interpretar la posible presencia de distintas fracciones degradables en este tipo de muestras.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto CAL03-089 del INIA y financiado por la Consellería d´Agricultura Pesca i Alimentació de la Generalitat Valenciana

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvir María R., Pereira J.C., González J. y Rodríguez C.A. 2001. IX Jornadas sobre producción animal. Asociación interporfesional para el desarrollo agrario. Zaragoza. 334-336.
France, J.; Dhanoa, M.S.; Theodorou, M.K.; Lister, S.J.; Davies, S.J.; Isac, D. 1993. Journal of Theoretical Biology 163:99-111.
Ítavo Vinhas, L.C., Tadeu Dos Santos, G., Cabreira Jobim, C., Vinhas Voltolini, T., Peron Faria, K., Brandao Ferreira, C.C. 2000. Revista Brasileira de Zootecnica, 29: 5, 1485-1490
McDonald, I. 1981. Journal of Agriculture Science, Cambridge, 96: 251-252.
Ørskov, E.R.; McDonald, I. 1979. Journal of Agricultural Science, 92: 499-503.
Schofield, P.; Pitt, R.; Pell, A. 1994. Journal of Animal Science, 72:2980-2991.
Statistical Analysis System Institute, (1990). SAS/STAT User's Guide, Release 6'03 Edition Cary, NC: SAS Unstitute Inc.,1028 pp.
Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. and France, J. 1994. Animal Feed Science and Technology, 48, 185-197.