

## COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CINÉTICA DE PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO* DE SUBPRODUCTOS DE CÍTRICOS

De Evan, T.<sup>1</sup>, Haro, A.N.<sup>1</sup>, de Blas, C.<sup>1</sup>, García-Rebollar, P.<sup>1</sup>, Ferrer, P.<sup>2</sup>, Cerisuelo, A.<sup>3</sup>, Ranilla, M.J.<sup>4</sup> y Carro, M.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Producción Agraria, E.T.S.I. Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, España. <sup>2</sup> Institute of Animal Science and Technique. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s.n. 46022 Valencia, España. <sup>3</sup> Centro de Investigación y Tecnología Animal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Pol. La Esperanza 100, 12400 Segorbe (Castellón), España.

<sup>4</sup> Dpto. Producción Animal, Universidad de León, 24071 León. Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC), Finca Marzanas s/n, 24346 Grulleros (León), España.  
t.deevan@alumnos.upm.es

### INTRODUCCIÓN

España es el mayor productor de cítricos de la Unión Europea y el quinto a nivel mundial, con una producción anual superior a cinco millones de toneladas (MAGRAMA, 2016). Este sector genera una gran cantidad de subproductos, con un elevado aporte energético y alto contenido en pectinas y azúcares, por lo que podrían usarse como materias primas en dietas para rumiantes. Sin embargo, los subproductos de cítricos son muy diversos, por lo que su composición química y valor nutritivo también puede ser variable (FEDNA, 2010; Feedipedia, 2016). El objetivo de este trabajo fue analizar la composición química y la producción de gas *in vitro* de subproductos de cítricos producidos en nuestro país.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 20 muestras de subproductos de cítricos (10 de naranja y 10 de limón) obtenidas en diferentes empresas procesadoras. Para cada tipo de cítrico, cinco muestras estaban formadas por pulpa y otras cinco por corteza, según la clasificación realizada por las empresas. Además se incluyeron con fines comparativos una muestra de cebada y otra de pulpa de remolacha. Las muestras de subproductos se liofilizaron y se molieron usando una malla de 1mm de paso para su análisis químico (Tabla 1) y fermentación *in vitro*.

**Tabla 1.** Composición química (mínimo-máximo) de los subproductos y materias primas de comparación.

Muestra	Naranja		Limón		Cebada	Pulpa de remolacha
	Corteza	Pulpa	Corteza	Pulpa		
MS <sup>1</sup>	156 - 225	184 - 204	117 - 215	130 - 169	89,9	90,2
MO <sup>2</sup>	965 - 969	968 - 969	954 - 961	933 - 959	98,4	94,9
PB <sup>2</sup>	51,3 - 67,9	58,4 - 73,3	65,8 - 81,9	57,1 - 79,6	11,2	9,41
EE <sup>2</sup>	15,5 - 55,6	20,3 - 49,0	43,8 - 80,5	44,2 - 54,4	2,52	0,80
Azúcares <sup>2</sup>	431 - 523	409 - 544	196 - 295	236 - 389	NA <sup>3</sup>	NA <sup>3</sup>
FND <sup>2</sup>	132 - 218	163 - 215	278 - 431	190 - 354	16,8	48,1
FAD <sup>2</sup>	97,7 - 123	89,0 - 133	153 - 202	142 - 184	6,92	24,2

<sup>1</sup>g/kg materia fresca; <sup>2</sup>g/kg MS; <sup>3</sup>no analizado

Se realizó una incubación *in vitro* con líquido ruminal obtenido de cuatro ovejas adultas fistuladas en el rumen y alimentadas con heno de gramíneas y concentrado en proporción 2:1. Se incubaron 200 mg de materia seca (MS) de cada muestra en viales de 60 ml, a los que se añadieron 20 ml de una mezcla del líquido ruminal de cada oveja y medio de cultivo (Goering y Van Soest, 1970) en relación 1:4 (vol/vol). Los viales se incubaron a 39°C y se midió la producción de gas a las 2, 4, 6, 9, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 60, 72 y 96 horas. A la producción de gas en los viales se le restó la originada en el blanco correspondiente para corregir la producción de gas endógena. Los datos de producción de gas se ajustaron al modelo:  $Y = PP (1 - e^{(-c(t - Lag)})}$ , en el que  $c$  es el ritmo fraccional de producción de gas,  $PP$  su producción potencial,  $Lag$  es el tiempo necesario para que comience la producción de

gas y t es el tiempo de medida. Asimismo, se calculó la degradabilidad efectiva de la MS para un ritmo de paso del 6% (DEMS<sub>6</sub>).

Los datos de composición química se analizaron mediante un análisis de varianza factorial, en el que los factores fueron el tipo de cítrico (naranja vs. limón), la fracción (pulpa vs. corteza) y la interacción cítrico x fracción. Los parámetros de producción de gas se analizaron con el mismo modelo, pero además se incluyó el inóculo como un efecto aleatorio. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS y el nivel de significación estadística se estableció en P<0,05.

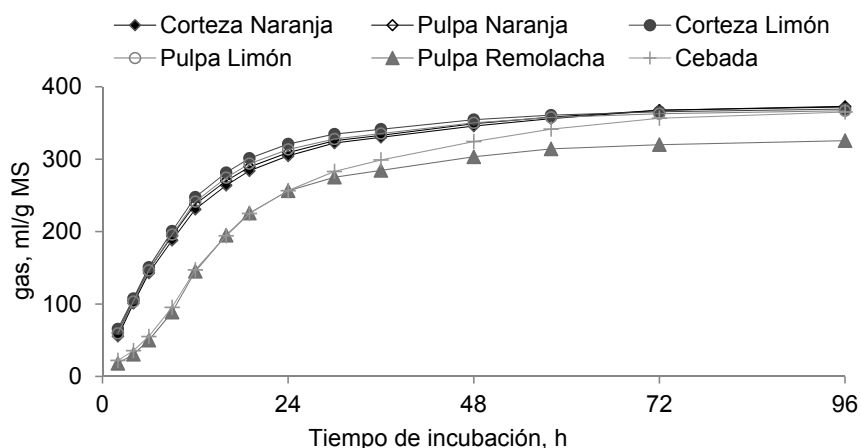
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los subproductos de naranja presentaron mayor (P≤0,007) contenido en MS, materia orgánica y azúcares y menor (P≤0,004) contenido en proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) que los subproductos de limón (Tabla 2). Sin embargo, no hubo diferencias entre la corteza y pulpa en ninguna de las fracciones químicas analizadas (P>0,05), excepto una tendencia (P=0,07) a un mayor contenido en extracto etéreo en la pulpa que en la corteza. Todos los valores estuvieron en el rango de los descritos por otros autores (Bampidis y Robinson, 2006; Feedipedia, 2016). La composición química puede variar en función del tipo de cítrico, pero también del abonado, la climatología y los procesos industriales de los que se obtienen los subproductos cítricos.

**Tabla 2.** Efecto del tipo de cítrico (C) y la fracción del subproducto (F) en la composición química de subproductos de cítricos.

Muestra	Cítrico		Fracción		EEM <sup>2</sup>	P-valor		
	Naranja	Limón	Corteza	Pulpa		C	F	C x F
MS <sup>1</sup>	190	152	171	170	12,2	0,007	0,95	0,81
MO <sup>2</sup>	968	953	959	962	2,4	0,001	0,24	0,06
PB <sup>2</sup>	60,1	70,5	65,3	65,3	3,10	0,004	0,99	0,08
EE <sup>2</sup>	34,2	57,1	40,2	51,1	5,55	0,001	0,07	0,48
Azúcares <sup>2</sup>	460	289	392	356	26,6	0,001	0,20	0,08
FND <sup>2</sup>	189	313	239	262	22,4	0,001	0,32	0,32
FAD <sup>2</sup>	115	170	139	146	7,6	0,001	0,42	0,41

<sup>1</sup>g/kg materia fresca; <sup>2</sup> g/kg MS; <sup>3</sup> error estándar de la media.



**Figura 1.** Producción de gas de subproductos de cítricos, pulpa de remolacha y cebada.

La producción de gas hasta las 60 horas de incubación fue mayor en los subproductos de cítricos que en la cebada y la pulpa de remolacha (Figura 1), lo que ocasionó menores valores de *Lag* (< 0,9 h) para los subproductos que para la cebada y pulpa de remolacha (>3,0 h). No se observaron interacciones cítrico x fracción en los parámetros de producción de gas, excepto en el parámetro *c* ( $P=0,005$ ; Tabla 3). Los subproductos del limón tuvieron mayores valores de *Lag* y *c* que los de naranja, pero no hubo diferencias ( $P>0,05$ ) entre cítricos en los valores de PP y DEMS<sub>6</sub>. El menor *Lag* de los subproductos de naranja pudo deberse a su mayor contenido en azúcares, que son rápidamente degradados en el rumen. No se detectaron diferencias ( $P<0,05$ ) entre fracciones en ninguno de los parámetros de producción de gas.

**Tabla 3.** Efecto del tipo de cítrico (C) y la fracción del subproducto (F) en los parámetros de la cinética de producción de gas de los subproductos de cítricos

	Cítrico		Fracción		EEM <sup>5</sup>	P-valor		
	Naranja	Limón	Corteza	Pulpa		C	F	C x F
PP <sup>1</sup> (ml/g MS)	361	360	361	361	2,2	0,52	0,63	0,56
<i>c</i> <sup>2</sup> (%/h)	8,33	9,41	8,97	8,86	0,142	0,001	0,97	0,005
<i>Lag</i> <sup>3</sup> (h)	0,28	0,57	0,39	0,43	0,063	0,001	0,90	0,79
DEMS <sub>6</sub> <sup>4</sup> (%)	54,2	53,9	54,7	53,8	0,40	0,45	0,26	0,37

<sup>1</sup> producción potencial de gas; <sup>2</sup> ritmo fraccional de producción de gas. <sup>3</sup> tiempo hasta que empieza la producción de gas; <sup>4</sup> degradabilidad efectiva de la materia seca para un ritmo de paso de 6,0%. <sup>5</sup> error estándar de la media.

En resumen, todos los subproductos de cítricos analizados se degradaron en el rumen más rápidamente que la cebada y la pulpa de remolacha y existieron pocas diferencias entre ellos en su cinética de producción de gas.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bampidis V.A., Robinson P.H. 2006. Anim. Feed Sci. Technol. 128: 175–217. • FEDNA. 2010. Ed.: C. de Blas et al. Madrid. • Feedipedia. 2016. Base de datos. <http://www.feedipedia.org>. Consultado 15/07/2016. • Goering, H. K., Van Soest, P. J. 1970. Agricultural Research Service-USDA, Washington, D.C. • MAGRAMA. 2016. Avances de Superficies y Producciones Agrícolas. Ed. MAGRAMA, Madrid.

**Agradecimientos:** Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos AGL2016-75322-C2-1-R, AGL2016-75322-C2-2-R y AGL2014-56653-C3-1-R.

#### CHEMICAL COMPOSITION AND GAS PRODUCTION KINETICS OF CITRUS BY-PRODUCTS

**ABSTRACT:** The objective of this study was to analyze the chemical composition and *in vitro* gas production of samples of citrus by-products produced in Spain. Ten samples of citrus pulp (5 from orange and 5 from lemon) and 10 samples of citrus peel (5 from orange and 5 from lemon) were used, and samples of barley grains and sugar beet pulp were included for comparison. The contents (g/kg dry matter) in neutral detergent fibre (189 – 310), sugars (289 – 460), crude protein (513 – 819) and ether extract (34.2 – 57.1) were variable, but in the range reported in the literature. Lemon samples had higher ( $P<0.05$ ) fiber, crude protein and ether extract contents compared with orange samples, but lower ( $P<0.05$ ) sugars content. There were no differences ( $P>0.05$ ) between fractions (pulp vs. peel) in chemical composition. The potential gas production and gas production rate of all by-products were similar to those for barley, but the *lag* time of the citrus by-products was lower (<0.9 vs. >3.0 h), possibly due to their high sugars content. The results indicate that citrus by-products can be an adequate energy source in the diets of ruminants replacing barley.

**Keywords:** citrus by-products, *in vitro* gas production, chemical composition, ruminants.