COMPOSICIÓN QUÍMICA Y FERMENTACIÓN RUMINAL *IN VITRO* DE SUBPRODUCTOS DE INVERNADERO

Molina-Alcaide, E.[1], Romero-Huelva, M.[2] y Carro, M.D.[3]
[1]Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Profesor Albareda, 1, Granada. España.
[2]UNIPROCA, calle Carnicerías, 17, 45600, Talavera de la Reina, España. [3]Departamento de Producción Agraria, ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, España. molina@eez.csic.es

INTRODUCTION

España es, después de Italia, el segundo mayor productor hortofrutícola europeo y el primer exportador de estos productos (MAGRAMA, 2016). Este sector genera una gran cantidad de destrios vegetales, muchos de los cuales tienen un considerable contenido en nutrientes, pero también presentan un elevado potencial contaminante. Por otra parte, es esencial encontrar alternativas locales al uso de materias primas importadas en la alimentación del ganado y los destríos vegetalespodrían ser una alternativa válida, pero es necesario conocer su valor nutritivo. La valoración nutritiva de alimentos no convencionales es compleja, ya que suelen tener una composición heterogénea, variable y a menudo desequilibrada, lo que ha contribuido a que existan pocos datos sobre su valor nutritivo, especialmente de los recursos generados en nuestro país. El objetivo de este trabajo fue analizar la composición química y la fermentación ruminal *in vitro* de 10 destríos de hortalizas procedentes de cultivos de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de esta prueba se utilizaron destríos de cosecha de distinto origen (una muestra de cada tipo). Las muestras se liofilizaron y se molieron a través de una criba de 1 mm de paso antes de realizar los análisis de composición química (AOAC, 2005) e incubaciones *in vitro*. La composición química de las muestras obtenidas se presenta en la Tabla 1.

***Tabla 1**. Composición química[1] de diferentes destríos de la horticultura*

Destrío	MS	MO	PB	EE	FND	FAD	LAD	TCL	TCT
Alcachofa	178	771	138	13,8	514	340	154	2,24	17,2
Berenjena	74,2	823	175	7,15	383	214	148	0,476	1,86
Brócoli	165	810	317	18,2	325	146	62,7	1,08	2,11
Calabacín	153	724	281	11,9	263	130	47,6	0,428	1,37
Berza	90,7	779	225	13,7	223	119	2,4	0,487	0,573
Pepino	53,6	760	198	13,0	168	131	2,5	15,0	50,6
Pimiento rojo	66,0	760	164	20,1	148	118	30,2	1,01	2,06
Pimiento verde	66,0	799	129	12,2	263	202	1,12	0,675	1,86
Tomate	51,1	803	162	12,9	178	133	76,6	7,33	12,7
Zanahoria	152	826	108	15,4	305	140	109	0,325	1,41

[1] MS; materia seca (g/kg materia fresca); MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD: lignina ácido detergente; TCL: taninos condensados libres; TCT: taninos condensados totales. Todas las fracciones, excepto la MS, están expresadas en g/kg MS.

Cada una de las muestras se fermentó *in vitro* con líquido ruminal procedente de tres cabras fistuladas que recibían heno de alfalfa a nivel de mantenimiento. Las incubaciones *in vitro* se llevaron a cabo en viales de vidrio (120 ml) en los que se pesaron 500 mg de materia seca de cada una de las muestras. El contenido ruminal extraído de cada animal se mezcló y se trasladó inmediatamente al laboratorio en termos aislantes. A continuación, se filtró a través de cuatro capas de gasa, se mezcló con el medio de cultivo de Goering y Van Soest (1970) en una relación 1:4 (vol/vol) a 39 °C bajo gaseado continuo con CO_2 y se dosificaron 60 ml de la mezcla en cada uno de los viales. Para cada muestra se utilizaron dos viales, que se cerraron herméticamente y se incubaron a 39 ºC durante 24 horas. Adicionalmente, se

incluyeron dos viales sin sustrato (blancos) para corregir con la producción de gas procedente del inóculo. Al finalizar la incubación, en cada vial se midió la presión y el volumen de gas producido utilizando un transducer y una jeringuilla de plástico y se tomó una muestra de este (5 ml) para analizar su contenido en metano mediante cromatografía de gases (Martínez et al., 2010). Tras medir el pH del contenido de los viales se tomaron muestras para el análisis de su concentración en ácidos grasos volátiles (AGV) por cromatografía de gases (Martínez et al., 2010). Las incubaciones se repitieron en 3 días diferentes para obtener tres réplicas por tratamiento.

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza, utilizando un modelo mixto en el que el destrío incubado se consideró un efecto fijo y el día de incubación como un efecto aleatorio. Cuando se detectó un efecto significativo del tratamiento (P<0,05), las diferencias entre medias se analizaron mediante el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido en materia seca de todas las muestras (Tabla 1) fue bajo, oscilando entre 51,1 g/kg para el tomate y 178 g/kg para la alcachofa. Todas las fracciones químicas analizadas fueron variables: el extracto etéreo osciló entre 7,15 y 20,1 g/kg MS para la berenjena y el pimiento rojo, respectivamente; la proteína bruta presentó valores entre 108 y 317 g/kg MS para la zanahoria y el brócoli, respectivamente y los taninos condensados totales variaron entre 0,573 y 50,6 g/kg MS para la berza y el pepino, respectivamente.

Los valores de pH promovidos por la fermentación de las muestras (no mostrados) oscilaron entre 6,57 y 6,74, estando en todos los casos dentro del rango adecuado para la celulolisis. La producciones de metano más bajas (P < 0,05) correspondieron al pimiento verde y alcachofa, y los valores más elevados a la berenjena, pepino, pimiento rojo y zanahoria. La producción de AGV más baja (P < 0,05) correspondió a la alcachofa y la más elevada al pimiento rojo, tomate y zanahoria (Tabla 2). El mayor contenido en carbohidratos estructurales en la alcachofa podría explicar estas diferencias con respecto a los otros subproductos (Beever et al.,1989).

Tabla 2. *Parámetros fermentativos tras la incubación in vitro durante 24 h de diferentes destríos de horticultura con fluido ruminal de cabra*

			Proporciones molares (mol/100 mol)					
Destrío	Metano (mmol)	AGV (mmol)	Acético (Ac)	Propiónico (Pr)	Butírico	Otros AGV[1]	Ac/Pr	Metano/ AGV
Alcachofa	0,974^{a}	2,13^{a}	68,4	21,3	7,26^{a}	1,96	3,22	0,457^{d}
Berenjena	1,50^{c}	3,66^{c}	65,9	21,7	9,71^{b}	1,45	3,12	0,410^{d}
Brócoli	1,37^{b}	3,71^{c}	64,1	22,2	9,68^{b}	2,12	3,00	0,369^{b}
Calabacín	1,14^{ab}	3,50^{b}	63,8	23,9	9,12^{b}	1,85	2,77	0,325^{b}
Berza	1,15^{ab}	3,66^{b}	62,6	24,4	9,81^{b}	1,32	2,64	0,314^{b}
Pepino	1,49^{c}	3,78^{cd}	65,2	23,0	9,07^{b}	1,67	2,95	0,394^{cd}
Pimiento rojo	1,48^{c}	4,05^{d}	63,2	25,7	8,29^{b}	1,87	2,63	0,365^{b}
Pimiento verde	0,64^{a}	3,86^{cd}	62,5	26,3	8,41^{b}	1,81	2,52	0,165^{a}
Tomate	1,42^{c}	4,01^{d}	61,8	24,6	11,1^{c}	1,47	2,71	0,354^{b}
Zanahoria	1,49^{c}	4,05^{d}	63,4	25,4	8,50^{b}	1,66	2,50	0,368^{b}
P-valor	0,001	0,001	0,56	0,44	0,04	0,54	0,30	0,001
EEM[2]	0,019	0,066	1,461	1,072	0,345	0,102	0,188	0,006

$^{a, b, c}$ Medias en la misma columna con diferente superíndice son diferentes (P<0,05)

[1] suma de isobutírico, isovalérico y valérico; [2] error estándar de la media.

La relación metano/AGV también fue variable (P < 0,001), con los valores más bajos para el pimiento verde y los más elevados para alcachofa y berenjena. Probablemente las diferencias en el contenido en pared celular y carbohidratos fácilmente degradables de los distintos

subproductos hayan jugado un papel importante en las diferencias observadas en la producción de metano (Johnson and Johnson, 1995), aunque no puede descartarse la presencia de compuestos secundarios bioactivos con actividad antimetanogénica en algunos destríos (Newbold et al., 2004). Las proporciones molares de acético, propiónico y otros AGV, así como la relación acético/propiónico, no se vieron afectadas (P>0,05) por el tipo de muestra. Por el contrario, la proporción molar de butírico si se vio afectada (P=0,04), correspondiendo el valor más bajo a la alcachofa y el más elevado al tomate, lo que posiblemente estuvo relacionado con el contenido en azúcares en los destríos (Oba, 2011).
Los resultados obtenidos en la fermentación *in vitro* de los distintos destríos de invernadero reflejan su potencial como materias primas alternativas en la alimentación de los rumiantes. Sin embargo, la variabilidad entre subproductos es un factor a tener en cuenta a la hora de seleccionar las especies de destino y su estado fisiológico antes de incluirlos en sus dietas. Ha de considerarse no solo el papel que juega su uso en alimentación no sólo como vía de reciclaje de material potencialmente contaminante para el medioambiente sino también por su potencial antimetanogénico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

● AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA. ● Beever, D. et al. 1989. Proceedings 11th Symposium on Energy Metabolism EAAP, Publication No 43: 33. ● Johnson, K.A. & Johnson, D.E. 1995. J. Anim. Sci. 73: 2483-2492. ● Goering, M.K. & Van Soest, P.J. 1970. Agricultural Handbook, Nº. 379. Agricultural Research Services, USDA, Washington DC. • MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). 2016. Avances de Superficies y Producciones Agrícolas. Enero 2016. NIPO: 280-15-040-0 MAGRAMA, Madrid. ● Martínez, M.E. et al. 2010. Anim. Feed Sci. Tech. 158: 126–135. ● Newbold, C.J. et al. 2004. Anim. Feed Sci. Tech. 114: 105-112. ● Oba, M. 2011. Can. J. Anim. Sci. 91: 37-46.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos P12-AGR-587 (financiado por la Junta de Andalucía) y AGL2016-75322-C2-1-R (financiado por el MINECO). Nuestro agradecimiento a Julia Fernández y Lesly Arbesú por su excelente ayuda técnica.

CHEMICAL COMPOSITION AND *IN VITRO* RUMINAL FERMENTATION OF WASTE FRUITS FROM HORTICULTURE

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the chemical composition and in vitro ruminal fermentation of 10 different waste fruits from horticulture (artichoke, eggplant, broccoli, zucchini, cabbage, green and red pepper, cucumber, tomato and carrot). Three incubation runs were carried out with batch cultures of ruminal micro-organisms from goats containing 500 mg of substrate and the main fermentation parameters were determined after 24 h incubation. Chemical composition was highly variable, with dry matter (DM) content ranging from 51.1 to 178 g/kg fresh matter (tomato and artichoke, respectively), ether extract from 7.15 to 20.1 g /kg dry matter (eggplant and red pepper), and crude protein from 108 to 317 g/kg DM (carrot and broccoli). Artichoke showed the lowest total VFA production and butyrate molar proportions (P<0.05), and tomato had the greatest butyrate proportion (P<0.05). Artichoke and green pepper showed methane productions lower than 1.0 mmol per culture, whereas eggplant, zucchini, red pepper, tomato and carrot had values greater than 1.4 mmol per culture. Results from this experiment reveal the potential of waste fruits from horticulture in ruminants feeding. The potential of some of them to reduce methanogenesis should be further investigated.

Keywords: Waste fruits from horticulture, chemical composition, methane, *in vitro* fermentation