EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE MAÍZ POR PULPA DE CÍTRICOS EN UNA DIETA PARA OVINO LECHERO SOBRE SU FERMENTACIÓN EN EL SISTEMA RUSITEC

Mateos I.[1], García-Rodríguez, J.[1], Saro C.[2], Carro M.D.[3] y Ranilla M.J.[1,2]
[1] Departamento de Producción Animal, Universidad de León, 24071 León.
[2] Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE), Finca Marzanas, 24346 Grulleros, León.
[3] Departamento de Producción Agraria, E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, España; mjrang@unileon.es

INTRODUCCIÓN

Los subproductos agroindustriales representan un importante problema en muchos países, siendo unos restos difíciles de eliminar en muchos casos. Su utilización en alimentación animal puede ser una solución para las industrias agroalimentarias, y también para los ganaderos que tendrían a su disposición un alimento de bajo coste. El objetivo de utilizar estos subproductos no es solo el de disponer de alimentos alternativos para los animales, sino también favorecer las exigencias medioambientales por medio del reciclado de estos productos (Rincón et al., 2017). La pulpa de cítricos es el residuo sólido resultante de exprimir la fruta fresca para obtener su zumo y puede ser utilizada como sustituto de los cereales en la alimentación de los rumiantes por su alto contenido en energía y su elevada digestibilidad (Heuzé et al., 2017). El objetivo de este trabajo fue comparar el efecto de la pulpa de cítricos como sustituto del maíz en la fermentación ruminal *in vitro* de una dieta para ovino lechero en fermentadores Rusitec.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 4 fermentadores Rusitec en un diseño cruzado con dos periodos de 14 días cada uno. Se utilizaron dos dietas con una proporción 50:50 de forraje:concentrado cuyos ingredientes y composición química se encuentran en la tabla 1. Una de ellas contenía un 20% de maíz (M) expresado en materia fresca y la otra pulpa de cítricos (PC) como sustituto del maíz de la fracción del concentrado. Las dos dietas se formularon para tener un contenido en proteína (PB) y fibra neutro detergente (FND) similar, por lo que también se modificó el porcentaje de harina soja y de cebada.

Tabla 1. Ingredientes (en % de materia fresca) y composición química de las dietas experimentales (Maíz (M) y Pulpa de cítricos (PC), en % de materia seca).

	M	PC
Heno de alfalfa	26,7	26,7
Ensilado de maíz	23,3	23,3
Harina de soja	15,8	16,6
Maíz	20,0	0,0
Cebada	12,3	11,5
Pulpa de cítricos	0,0	20,0
Jabón cálcico	0,9	0,9
Premezcla	1,0	1,0
Composición química		
Materia orgánica	94,4	90,0
Proteína bruta	15,4	15,9
Fibra neutro detergente	33,9	34,3
Fibra ácido detergente	15,8	18,6
Lignina	1,9	2,6

En los días 9, 10, 11 y 12 de incubación, se midió el pH en el interior de los fermentadores, se tomaron muestras del efluente para medir la producción diaria de ácidos grasos volátiles (AGV) mediante cromatografía de gases en un cromatógrafo Shimadzu GC 2010 (Supelco, Barcelona, España), previa mezcla del efluente con una solución acidificante desproteinizante (0,6 g de ácido crotónico y 20 g de ácido metafosfórico por litro de HCl 0,5 N). Esos mismos

días, se midió la digestibilidad de la dieta a partir de la pérdida de peso de la cantidad de sustrato incubado tras el lavado y posterior secado de las bolsas que contenían el substrato en los fermentadores. Los días 13 y 14 se recogieron muestras para determinar la síntesis de proteína microbiana utilizando ^{15}N como marcador microbiano (Martínez et al., 2010). Para ello del día 10 al 14 se añadió una solución de $^{15}NH_4Cl$ (Sigma-Aldrich Química S.L., Madrid, España) en la saliva artificial (4,0 mg de ^{15}N/g de N en la dieta).

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo usando el PROC MIXED del paquete estadístico SAS. El efecto de la dieta, el periodo de incubación y el día de muestreo fueron considerados como efectos fijos y el fermentador se consideró un efecto aleatorio. La significación estadística se estableció en P<0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se muestra en la tabla 2, la producción total de AGV no se vio afectada (P>0,05) por la dieta incubada, aunque la producción de propiónico fue mayor (P=0,003) en los fermentadores que recibieron la dieta PC. Sin embargo, Piquer et al. (2009) observaron *in vivo* un aumento en la producción de acético y una tendencia a disminuir la de propiónico cuando se incluía un 26% de pulpa de cítricos en la dieta de ovejas de raza manchega en sustitución de trigo. Debido a la mayor cantidad de propiónico, la relación acético:propiónico fue menor (P<0,001) en los fermentadores alimentados con la dieta PC. La digestibilidad aparente de la materia seca fue mayor (P=0,006) para la dieta que contenía pulpa de cítricos que para la dieta con maíz (74,0% *vs.* 71,1%), al igual que lo observado *in vivo* por Tadayon et al. (2017) quienes vieron que la digestibilidad de la dieta aumentaba al aumentar la cantidad (0, 110, o 220 g/kg de MS) de pulpa de naranja seca incluida en la dieta de corderos de engorde. Sin embargo, según Tayengwa et al. (2018) la digestibilidad de la MS disminuye a medida que la cantidad de pulpa de cítricos aumenta por encima de 150 g/kg de MS. La digestibilidad de la FND fue menor para la dieta PC (33,2% *vs.* 39,2%; P<0,001), lo que coincide con lo observado en la revisión de Tayengwa at al. (2018), en la que la digestibilidad de la FND disminuye a medida que la cantidad de pulpa de cítricos aumenta por encima de 150 g/kg de MS. El pH aumentó con la inclusión de pulpa de cítricos en la dieta con respecto a la dieta de maíz (6,12 *vs.* 6,40, respectivamente; P<0,001) lo que concuerda con lo observado por Piquer et al. (2009) al incluir un 26% de pulpa de clementina en la dieta de ovejas.

Tabla 2. Efectos de sustituir el maíz (M) por pulpa de cítricos (PC) en una dieta de ovino lechero sobre la fermentación ruminal *in vitro* en fermentadores Rusitec.

	M	PC	EEM[1]	P =
Ácidos grasos volátiles (AGV) totales, mmol/d	90,9	90,0	3,54	0,708
Acético, mmol/d	43,2	41,4	1,74	0,158
Propiónico, mmol/d	15,3	17,3	0,83	0,003
Butírico mmol/d	18,1	18,7	0,97	0,273
Otros AGV[2], mmol/d	14,8	11,3	0,73	<0,001
Acético/Propiónico, mol/mol	2,83	2,40	0,096	<0,001
Digestibilidad aparente (%)				
Materia seca	71,1	74,0	1,36	0,006
Fibra neutro detergente	39,2	33,2	1,45	<0,001
pH	6,12	6,40	0,059	<0,001
Síntesis de proteína microbiana (mg N microbiano/d)				
Fase sólida	180	200	7,7	0,142
Fase líquida	137	116	7,9	0,155
Total	317	316	6,4	0,920

[1] Error estándar de la media
[2] Calculado como la suma de isobutírico, isovalérico, valérico y caproico.

En lo que se refiere a la síntesis de proteína microbiana en los fermentadores, la dieta

incubada no afectó a este parámetro (P>0,05) en ninguna de las fases de la digesta ni tampoco al crecimiento microbiano total.

En conclusión, y a la vista de los resultados obtenidos en este trabajo, la sustitución de maíz por pulpa de cítricos en la dieta no afectó negativamente a la fermentación ruminal en fermentadores Rusitec y mejoró la digestibilidad aparente de la materia seca y el perfil de AGV. Por tanto, los resultados de este estudio indican que los subproductos de la industria de zumos podrían ser incluidos en la dieta de los animales rumiantes, promoviendo una mejor fermentación ruminal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• Heuzé, V., Tran, G., Hassoun, P. & Lebas, F. 2017. Citrus pulp, fresh. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. from *https://www.feedipedia.org/node/679*. • Martínez, M.E., Ranilla, M.J., Tejido, M.L., Saro, C. & Carro, M.D. 2010. The effect of the diet fed to donor sheep on in vitro methane production and ruminal fermentation of diets of variable composition. Anim. Feed Sci. Technol. 158, 126–135. • Piquer, O., Ródenas, L., Casado, C., Blas, E. & Pascual, J.J. 2009. Whole citrus fruits as an alternative to wheat grain or citrus pulp in sheep diet: Effect on the evolution of ruminal parameters. Small Rumin. Res. 83, 14–21. • Rincón, A.A., García-Fraga, J.M., Álvarez, S., Pino, V., Fresno, M.R., Ayala, J.H. & Afonso, A.M. 2017. Effect of the inclusion of banana silage in the diet of goats on physicochemical and sensory characteristics of cheeses at different ripening times. Small Rumin. Res. 149, 52–61. • Tadayon, Z., Rouzbehan, Y. & Rezaei, J. 2017. Effects of feeding different levels of dried orange pulp and recycled poultry bedding on the performance of fattening lambs. J. Anim. Sci. 95, 1751–1765. • Tayengwa, T., Mapiye, C., Tayengwa, T. & Mapiye, C. 2018. Citrus and Winery Wastes: Promising Dietary Supplements for Sustainable Ruminant Animal Nutrition, Health, Production, and Meat Quality. Sustainability 10, 3718.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos AGL2016-75322-C2-1-R y AGL2016-75322-C2-2-R financiados por el MINECO.

EFFECTS OF REPLACING CORN BY CITRUS PULP IN A DAIRY SHEEP DIET ON ITS FERMENTATION IN THE RUSITEC SYSTEM

ABSTRACT: The objective of this study was to assess the effects of replacing maize by citrus pulp in a dairy sheep diet on ruminal fermentation in Rusitec fermenters. Four fermenters were given daily 30 g of diet (50:50 alfalfa hay:concentrate). Half of them received the diet with 20% of corn (M) and in the other half corn was totally replaced by citrus pulp (CP), in a cross-over design with two 14-day incubation periods. Total VFA production was unaffected (P>0.05) by diet, although propionate production was higher (P=0.003) in fermenters receiving the CP diet. Accordingly, acetate/propionate ratio was lower (P<0.001) when fermenters were fed the diet containing citrus pulp. Dry matter apparent digestibility was higher (P<0.01) for CP than for M diet (74.0% *vs*. 71.1%), but neutral detergent fibre digestibility was lower for CP diet (33.2% *vs*. 39.2%; P<0.001). In addition, pH values in CP fermenters were higher (P<0.001) than in M ones. Microbial growth was not affected by the type of diet incubated (P>0.05). The results of this study indicate that by-products from juice industry could be included in ruminant's diets, promoting better ruminal fermentation.

Keywords: Rusitec, citrus pulp, sheep, microbial growth