

CARACTERÍSTICAS DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL *IN VITRO* DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES CON POTENCIAL USO EN LA ALIMENTACIÓN DE CAPRINO

Arco-Pérez A., Ramos-Morales E., Abecia L., Yañez-Ruiz D. y Martín-García A. I.
Instituto de Nutrición Animal, Estación Experimental del Zaidín (CSIC). C/Profesor Albareda,
1, 18008, Granada
ana.arco@eez.csic.es

INTRODUCCIÓN

El sector caprino lechero tiene una gran importancia económica, social y ambiental y sus productos son reconocidos por su alta calidad organoléptica y funcional. No obstante se enfrenta a amenazas derivadas, entre otras causas, del encarecimiento de los ingredientes de las raciones y el bajo precio de la leche, por lo que es necesaria la búsqueda de estrategias que contribuyan a minimizar los costes de producción. Entre éstas se contempla la inclusión de subproductos agroindustriales locales que aporten nutrientes para reemplazar ingredientes convencionales. Es de vital importancia que dichos subproductos se encuentren en un estado de conservación que permita su empleo en distintas épocas del año y/o estadio productivo del ganado. Se ha demostrado que tanto el orujo de aceituna como la pulpa de tomate, incluidos en bloques multinutrientes, pueden sustituir hasta el 75% del concentrado sin afectar a la ingesta o la eficiencia metabólica en ovino (Ben Salem y Znaidi, 2008), además de contar con potencial para modificar la composición de la leche en caprino (Molina Alcaide y Yañez-Ruiz, 2008; Romano et al., 2010). Sin embargo, el uso práctico de bloques es poco viable. Por otro lado, la industria del zumo de granada está adquiriendo un interés creciente, dado su alto poder antioxidante, y los subproductos que genera pueden presentar un importante potencial para ser incluidos en la ración de rumiantes, ya que son capaces de aportar energía y mejorar el perfil lipídico de la leche de caprino (Modaresi et al., 2011).

El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto que tiene sobre la fermentación ruminal la sustitución de la dieta, o parte de ella, por un ensilado de subproductos del olivar (EO), un ensilado de tomate (ET) y la pulpa resultante de la extracción de zumo de granada tras ser desecada al aire (PGS).

MATERIAL Y MÉTODOS

El EO utilizado contenía hoja de olivo (50%), alperujo resultante de la extracción de aceite de oliva (25%) y harina de cebada (25%). El ET contenía destríos de tomate de invernadero (85%) y paja de cebada (15%). Ambos ensilados fueron elaborados mediante el prensado en balas cilíndricas (850 kg y 1,20 m x 0,90 m) recubiertas completamente de plástico y empleados tras 70 días de maduración. La PGS es la pulpa extraída tal y como resulta del proceso industrial del exprimido de zumo y desecada tras ser extendida a la intemperie. La dieta control se elaboró como una proporción 1:1 de heno de alfalfa y concentrado comercial granulado para cabras en lactación. Las dietas fueron liofilizadas y molidas (1 mm). Se empleó un sistema *in vitro* de cultivo no renovado de microorganismos ruminales (Theodorou et al., 1994) mediante 4 periodos de incubaciones de 24 horas a 40°C de 300 mg de dieta experimental, por duplicado, en botellas Wheaton de 120 ml de capacidad total. Para cada periodo fue mezclado en volúmenes iguales contenido ruminal obtenido, antes de la primera comida de la mañana, de dos cabras de raza murciano-granadina alimentadas con heno de alfalfa y provistas de cánula ruminal. Cada botella se inoculó con 40 ml de medio de cultivo compuesto por contenido ruminal, filtrado a través de dos capas de gasa, y una solución tampón (1:3, Menke y Steingass, 1988). Tras 24 horas de incubación se midió el volumen de gas total producido, empleando una jeringa graduada (1 ml) de 60 ml de capacidad conectada a un transductor de presión. Una alícuota de 10 ml de dicho gas fue recogida para determinar, mediante cromatografía de gases, la proporción que estaba constituida por metano (Romero-Huelva, 2012). A continuación se abrieron las botellas, se midió el pH del contenido y se detuvo la fermentación en hielo, con el fin de obtener una alícuota para la determinación de ácidos grasos volátiles (AGV) mediante cromatografía de gases (Isac et al., 1994). El resto del contenido se liofilizó para determinar la fibra neutro detergente (FND, Goering y Van Soest, 1970). La energía metabolizable (EM) y la degradación de materia orgánica (DMO) se calcularon siguiendo los cálculos descritos por Menke et al. (1979) como:

$$ME \text{ (MJ/kg MS)} = 2,2+0,136 \times \text{GAS}+0,057 \times \text{PB.}$$

$$DMO \text{ (g/kg MS)} = 148,8+8,89 \times \text{GAS}+4,5 \times \text{PB}+0,651 \times \text{Cenizas.}$$

La producción de proteína microbiana (PM) y el factor de partición (FP) se estimaron (Makkar et al., 2010) como:

$$PM \text{ (g/kg MS)} = \text{DMS}-(\text{GAS}/\text{MSI}) \times 2,2, \text{ donde DMS} = (100 \times \text{MSI}-\text{MSR})/\text{MSI.}$$

$$FP \text{ (g/l gas)} = (\text{MOI}-\text{FNDresidual})/\text{GAS.}$$

Donde MSI es la materia seca incubada y MSR es la materia seca residual tras la fermentación.

Como unidad experimental se empleó la media de los datos obtenidos de las parejas de botellas de cada periodo experimental. El análisis estadístico se realizó mediante el modelo factorial completo del GLM univariante de SPSS Statistics 21, considerando el periodo como efecto aleatorio y aplicando el test de Tukey para las comparaciones múltiples ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH de la fermentación no se vio afectado por ninguno de los tratamientos. Respecto de la dieta control, tanto la producción de gas total como la proporción de metano se redujeron significativamente ($P < 0,05$) con todas las dietas experimentales, excepto para la dieta ET. No obstante tales diferencias desaparecieron cuando la producción de metano se expresó respecto de la producción de AGV, aunque con una clara tendencia ($P = 0,058$) a ser menor con la dieta ET, coincidente con las observaciones de Romero-Huelva et al. (2012), donde los animales alimentados con bloques multinutrientes que incluían tomate, tuvieron una menor producción de metano sin que se viera afectado el pH ruminal. La mayor producción de AGV totales resultó ser para la dieta ET y la menor para la dieta EO, mientras que con las dietas de PGS no se vio afectada, respecto del control. No obstante las mayores ($P = 0,006$) proporciones acético:propiónico se observaron también con las dietas ensiladas, en concordancia con las características de su composición en nutrientes. Estos datos no coinciden con los obtenidos por otros autores que introdujeron subproductos de tomate y olivo en dietas de caprino (Romero-Huelva et al., 2012; Yáñez-Ruiz et al., 2004) debido probablemente a la proporción en que los mismos fueron incluidos. La EM calculada fue menor ($P < 0,001$) en todas las dietas con subproductos respecto de la dieta control, siendo la más pobre en este sentido la constituida por EO. La estimación de la síntesis de PM tendió ($P = 0,053$) a ser menor para los ensilados, pero superior al control (131 vs 113 g/kg MS) cuando ésta fue suplementada con PGS. De acuerdo con las observaciones de Abbeddou et al. (2011), la degradabilidad de la materia orgánica (DMO) fue menor ($P < 0,001$) para todos los subproductos, especialmente para EO y el factor de partición (FP) aumentó significativamente ($P < 0,001$) con todos ellos.

Los resultados muestran que los subproductos estudiados presentan una adecuada fermentación ruminal, constituyendo una fuente de nutrientes y energía con potencial de ser incluidos como parte de la dieta del ganado. Parecen ser más interesantes la PGS y el ET, especialmente este último por su efecto positivo sobre la disminución en la producción de metano. No obstante, es necesario realizar comprobaciones *in vivo* para conocer el nivel de ingesta voluntaria de estas formas de conservación de los subproductos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbeddou S., Riwhi S., Iñiguez L., Zaklouta M., Hess H. D. & Kreuzer M., 2011. *Anim. Feed Sci. Technol.* 163:99-110. • Ben Salem H. & Znaïdi I. A., 2008. *Anim. Feed Sci. Technol.* 147:1-3. • Blümmel M., Steingass H. & Becker K., 1997. *Br. J. Nut.* 77:911-921. • Goering M. K. & Van Soest P. J., 1970. *Agric. Handbook* Nº379. • Isac M. D., García M. A., Aguilera J. F. & Molina Alcaide E., 1994. *Arch. Tieremahr* 46:37-50. • Makkar H.P. S., 2010. IAEA, Dordrecht, the Netherlands 107-144. • Menke K. H., Raab L., Salewski A., Steingass H., Fritz D. & Schneider W., 1979. *J. Dairy Sci. Camb.* 92:217-222. • Menke K. H. & Steingass H., 1988. *Anim. Res. Develop.*, 7-55. • Modaresi J., Fathi Nasri M. H., Rashidi L., Dayani O. & Kebreab E., 2011. *J. Dairy Sci.* 94:4075-4080. • Molina-Alcaide E. & Yáñez-Ruiz D. R., 2008. *Anim. Feed Sci. Technol.* 147, 247-264. • Romano R., Masucci F., Giordano A., Spagna-Musso S., Naviglio D. & Santini A., 2010. *Int. Dairy J.* 20:858-862. • Romero-Huelva, 2012. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, pp 109-110. • Romero-Huelva M., Ramos-Morales E. & Molina-Alcaide E., 2012. *J. Dairy Sci.* 95:6015-6026. • Theodorou M. K., Williams B. A., Dhanoa M. S., McAllan A. B. & France J., 1994. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:185-197. • Yáñez-Ruiz D. R., Moumen A., Martín-García A. I. & Molina-Alcaide E., 2004. *J. Anim. Sci.* 82:2023-2032.

Agradecimientos Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Proyecto AGL2011-27218). Se agradece a las empresas Fulgencio Spa S.L. (Motril, Granada), Aceites Sierra Sur S.A. (Pinos Puente, Granada) y Vitalgrana (Catral, Alicante) la cesión de muestras de subproductos. También se agradece la ayuda técnica a P. Rufino.

Tabla 1. Composición química de las dietas empleadas.

	Control	Ensilado de subproductos del olivar	Ensilado de tomate	Pulpa extractada de granada
MS (%)	92,9	97,5	89,1	92,6
MO (%)	83,2	83,7	89,7	95,8
EE (%MS)	1,91	5,95	3,16	10,8
FND (%MS)	37,8	39,0	51,6	34,4
PB(%MS)	17,7	8,80	11,9	12,1

MS: materia seca, MO: materia orgánica, EE: extracto etéreo, FND: fibra neutro detergente, PB: proteína bruta.

Tabla 2. Efecto de las dietas sobre la fermentación ruminal.

	Control	ET	EO	PGS, 50%	PGS, 100%	EEM	P-valor
pH	6,60	6,71	6,74	6,69	6,66	0,03	0,160
Gas 24 h, ml/g MSI	163 ^d	158 ^{cd}	114 ^a	153 ^c	146 ^b	1	<0,001
CH ₄ , ml/100 ml gas tot.	7,53 ^c	7,26 ^{bc}	6,97 ^{ab}	7,16 ^{ab}	6,81 ^a	0,09	0,040
AGV totales, mM	22,5 ^b	25,5 ^c	16,2 ^a	21,1 ^b	19,6 ^b	0,71	<0,001
Acetato, %	69,3 ^a	72,9 ^c	71,1 ^b	69,7 ^a	69,6 ^a	0,30	0,001
Propionato, %	16,3	15,0	15,3	16,1	17,4	0,2	0,061
Isobutirato, %	1,80	1,96	2,06	1,99	1,80	0,18	0,595
Butirato, %	8,99	7,20	8,54	9,23	8,69	0,11	0,112
Isovalerato, %	2,05	1,88	1,99	1,84	1,54	0,13	0,304
Valerato, %	1,53 ^d	1,09 ^c	1,00 ^b	1,14 ^c	0,91 ^a	0,02	<0,001
Acetato: Propionato	4,35 ^a	4,93 ^c	4,71 ^{bc}	4,46 ^{ab}	4,16 ^a	0,08	0,006
CH ₄ ml/mol AGV totales	179	147	183	169	170	6	0,058
EM, MJ/kg MS	7,64 ^d	7,19 ^c	5,77 ^a	7,22 ^c	6,87 ^b	0,04	<0,001
DMO, g/kg MS	525 ^d	483 ^c	397 ^a	491 ^c	461 ^b	2	<0,001
PM, g/kg MS	113	86,8	66,0	131	118	11,4	0,053
FP, g MO/l gas 24h	5,04 ^a	5,89 ^b	6,84 ^c	5,81 ^b	6,52 ^c	0,09	<0,001

EM: energía metabolizable, DMO: degradación de materia orgánica, PM: proteína microbiana, FP: factor de partición. EEM: error estándar de la media.

RUMEN *IN VITRO* FERMENTATION OF AGRICULTURE BY-PRODUCTS WITH POTENTIAL USE IN FEEDING GOATS

ABSTRACT: Batch cultures of mixed rumen micro-organisms were used to study the ruminal fermentation promoted by diets based on agriculture by-products. Gas production and other fermentation parameters were evaluated. There was no effect either of diet type on pH. Significant differences were found on rate of gas, CH₄ and VFA production, EM, DMO and FP after 24 h of incubation. CH₄/VFA tended to be lower with ET (P=0,058) and PM tended to be lower with EO (P=0,053). Our results showed the potential of ET and PGS to be used in goats feeding.

Keywords: ruminal fermentation, agriculture by-products, fermentation parameters, goat.