

EFFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN DIETAS PARA CAPRINO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE

Marcos C.N.¹, Carro M.D.¹, Fernández-Yepes J.² y Molina-Alcaide E.²

¹ Departamento de Producción Agraria, E.T.S.I. Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, España.

² Estación Experimental del Zaidín (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), Profesor Albareda, 1, 18008 Granada. España; navarro-88@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el uso de subproductos agroindustriales en la nutrición de pequeños rumiantes se ha convertido en una práctica habitual, ya que no solo ayuda a reducir costes sino que también contribuye a disminuir la contaminación medioambiental (Romero-Huelva et al., 2017). Algunos de estos subproductos, abundantes en nuestro país, son los DDGS (en inglés, *Distillers Dried Grains*), la pulpa de cítricos y el orujo de aceituna. Los DDGS son un subproducto que tiene su origen en la producción de etanol a partir de la fermentación del almidón de algunos cereales y pueden utilizarse en alimentación animal como fuente de energía y proteína (Pezzanite et al., 2006). La pulpa de cítricos es el residuo de la producción de zumos de frutas como la naranja o el limón y se puede incluir en dietas como sustituto de los cereales (Bampidis et al., 2006; Romero-Huelva et al., 2017). El orujo de aceituna es el subproducto mayoritario de la industria oleícola y su valor nutritivo es escaso, pero su elevado contenido en grasa puede ayudar a mejorar la calidad de la carne y la leche (Chiofalo et al., 2004; Molina-Alcaide et al., 2010). El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la inclusión de una mezcla de estos subproductos en sustitución de materias primas convencionales en una dieta para caprino lechero sobre la producción y calidad de la leche.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se formularon una dieta control (CON) para caprino lechero y una dieta experimental (SUB), que incluía subproductos agroindustriales (DDGS de maíz, pulpa de cítricos y orujo de aceituna) cuya composición en ingredientes se muestra en la Tabla 1. En el concentrado de la dieta SUB la cebada y la harina de palmiste se reemplazaron totalmente y se redujo la cantidad de maíz, harina de soja y salvado de trigo y en su lugar se utilizó la mezcla de subproductos previamente mencionada. Los concentrados CON y SUB se formularon para tener un contenido similar en fibra neutro detergente (FND; 24,1 y 24,5% de la materia seca (MS), respectivamente) y proteína bruta (PB), aunque el concentrado SUB presentó un contenido ligeramente mayor en PB que en el concentrado control (17,8 y 18,6%, respectivamente). El contenido en extracto etéreo (EE) de los concentrados CON y SUB fue 3,25 y 5,39%, respectivamente. Se realizó una prueba *in vivo* con 12 cabras de raza murciano-granadina ($47,0 \pm 1,38$ kg peso vivo; $22,7 \pm 2,33$ días de lactación), divididas en dos grupos que recibieron las dos dietas y se llevó a cabo un diseño experimental cruzado con dos períodos experimentales. Cada período consistió en una fase de adaptación a la dieta de 21 días y otra de muestreo, de una semana de duración. La alimentación de las cabras consistió en 1,0 kg de heno de alfalfa (49,8% fibra neutro detergente (FND); 18,1% proteína bruta (PB); 1,11% EE) y 1,0 kg de concentrado, suministrado en dos tomas iguales a las 9:00 y 16:00h. Durante la fase de muestreo se midió diariamente la producción de leche por la mañana antes de alimentar a los animales, se pesaron los restos de alimentos para calcular la ingesta y se tomaron muestras de leche para analizar su contenido en EE, las diferentes fracciones nitrogenadas y perfil de ácidos grasos (AG).

El contenido en nitrógeno (N) de la leche se analizó por el método de combustión Dumas. El N no-proteico (NNP) se analizó en muestras de leche filtradas después de precipitar con una solución al 12% (peso/volumen) de ácido tricloroacético, y el N no-caseínico (NNC) después de precipitar la leche con una solución al 10% (p/v) de ácido acético a un pH de 4,1 y posterior filtrado. Para el análisis del perfil de los AG, se extrajeron estos y esterificaron (Abecia et al., 2012) antes de ser cuantificados por cromatografía de gases usando un cromatógrafo Focus GC (Thermo Scientific, Milán, Italia) equipado con un detector de llama ionizada y una columna de 100 m (TR-CN100; Teknokroma, Barcelona, España) y helio como gas portador. Los datos se analizaron mediante un modelo mixto, en el que la dieta y el período fueron efectos fijos y el animal se consideró un efecto aleatorio. El índice de aterogenicidad se

calculó según la siguiente fórmula: $(C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / (\text{Ácidos Grasos Monoinsaturados} + \text{Ácidos Grasos Poliinsaturados})$.

Tabla 1. Composición en ingredientes de los concentrados control (CON) y experimental (SUB)

Item	CON	SUB
Ingrediente (g/kg materia fresca)		
Maíz	330	268
Trigo	100	100
Cebada	200	-
Harina de soja 47%	122	102
Harina de palmiste	88,0	-
Harina de colza 00	25,0	25,0
Salvado de trigo	100	30,0
DDGS maíz	-	180
Pulpa de cítricos	-	180
Orojo de aceituna	-	80,0
Otros ¹	35,0	35,0

¹ En los dos concentrados (en base a materia fresca): Jabón cálcico (12 g/kg), carbonato cálcico (10 g/kg), bicarbonato sódico (8 g/kg), sal (3 g/kg) y corrector vitamínico-mineral (2 g/kg).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencias ($P > 0,05$) entre las dietas CON y SUB en ninguno de los parámetros productivos estudiados (Tabla 2), aunque el consumo de heno y la producción de leche tendieron a ser mayores con el concentrado SUB ($P = 0,059$ y $0,056$, respectivamente). La producción de leche fue mayor ($P = 0,002$) en el primer período que en el segundo, debido a que el primer período coincidió con el pico de lactación.

La leche de las cabras alimentadas con la dieta SUB tuvo mayor cantidad ($P < 0,05$) de PB y grasa, lo que se atribuyó a la composición de la dieta. En un trabajo similar, donde se remplazaron las materias primas convencionales del concentrado por subproductos agroindustriales (pulpa de cítricos, granos fermentados y pulpa de tomate), Romero-Huelva et al. (2017) también obtuvieron un mayor contenido de PB en la leche. La leche de las cabras alimentadas con la dieta SUB tuvo mayor contenido en AG monoinsaturados ($P = 0,002$) y poliinsaturados ($P < 0,001$) y menor contenido en AG saturados ($P = 0,001$) que la leche de las cabras alimentadas con la dieta CON. Molina-Alcaide et al. (2010) también obtuvieron resultados similares, ya que al suministrar orujo graso de aceituna a cabras en lactación se modificó de manera similar el perfil de AG de la leche. Sin embargo, la inclusión del orujo de aceituna en la dieta no explica el cambio del perfil de AG, ya que el orujo de aceituna utilizado en este trabajo tenía una pequeña cantidad de AG monoinsaturados (3,0% de extracto etéreo). Este cambio del perfil de AG podría deberse, además de a la inclusión de orujo de aceituna, a la inclusión de pulpa de cítricos y DDGS. Romero-Huelva et al. (2017) observaron que la cantidad de AG saturados disminuía y que los AG mono y poliinsaturados aumentaban al suministrar a cabras lecheras una dieta que contenía 100 g de pulpa de cítricos por kg de MS junto con otros subproductos, y Pezzanite et al. (2006) indicaron que la inclusión de DDGS en la dieta de rumiantes lecheros puede modificar el perfil de AG de la leche. En nuestro estudio el índice de aterogenicidad se redujo ($P = 0,001$) con el concentrado SUB, por lo que mejoró la calidad saludable de la leche.

En resumen, la inclusión de subproductos agroindustriales en una dieta para caprino de leche mejoró la calidad de la leche y mostró una tendencia a aumentar su producción.

Tabla 2. Ingesta y producción y composición de la leche de cabras que recibían heno de alfalfa y un concentrado sin (CON) y con subproductos agroindustriales (SUB)

Item ¹	Dietas		Error estándar de la media	P = ²
	CON	SUB		
<i>Parámetros productivos</i>				
Consumo de heno (g materia seca (MS)/d)	730	784	17,4	0,059
Consumo de concentrado (g MS/d)	880	883	9,8	0,842
Producción de leche (g/d)	1954	2112	50,6	0,056
<i>Composición de la leche (g/100 g leche)</i>				
Proteína bruta	2,85	3,34	0,074	0,002
Nitrógeno no proteico	0,069	0,074	0,0032	0,347
Nitrógeno no caseínico	0,159	0,177	0,0061	0,087
Grasa	3,87	4,66	0,220	0,039
<i>Perfil de ácidos grasos (% total ácidos grasos)</i>				
Ácidos grasos saturados (AGS)	76,2	73,3	0,46	0,002
Ácidos grasos monoinsaturados (AGM)	19,8	21,9	0,44	0,010
Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)	3,97	4,84	0,060	<0,001
Índice de aterogenicidad	3,28	2,57	0,106	0,001

¹ Índice de aterogenicidad calculado como (C12:0 + 4 x C14:0 + C16:0) / (AGMI + AGPI)

² existieron diferencias significativas (P<0,05) entre periodos en la producción de leche y la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por los proyectos AGL2016-75322-C2-1-R (MINECO) y P12-AGR-587 (Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía).

EFFECTS OF INCLUDING AGROINDUSTRIAL BY-PRODUCTS IN DIETS FOR DAIRY GOATS ON MILK YIELD AND COMPOSITION

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the effect of including agroindustrial by-products (DDGS, citrus pulp and olive cake) in dairy goat diets on both milk yield and composition. Two concentrates were formulated, either with (SUB) or without by-products (CON), and they were fed to 12 Murciano-Granadina goats in a cross-over design. Goats were fed daily 1.0 kg of concentrate and 1.0 kg of alfalfa hay. Feed intake and milk production were measured, and samples of milk were taken for analysis of chemical composition and fatty acids (FA) profile. There were no differences (P > 0.05) in concentrate intake, but forage intake and milk production tended to be greater (P = 0.059 and 0.056, respectively) in SUB-fed goats compared with those fed the CON diet. Milk from SUB-fed goats had greater (P < 0.05) PB (3.34 vs 2.85%) and fat (4.66 vs. 3.87%) content, as well as 3.8% less saturated FA and 12.5% more unsaturated FA. Overall, milk quality increased by feeding the diet including agroindustrial by-products.

Keywords: dairy goat, DDGS, citrus pulp, olive cake