

MANSO, T.\*; GALLARDO, B. y GUERRA-RIVAS, C.

Área de Producción Animal. Dpto. Ciencias Agroforestales. E.T.S. Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid.

\*tmanso@agro.uva.es

### RESUMEN

La alimentación es el factor con mayor influencia en la calidad de la leche y de la carne de ganado ovino. Debido a que la grasa es el principal componente de los alimentos relacionado con la salud humana, en este trabajo se presentan los efectos de la alimentación sobre la composición de la grasa de la leche de oveja y de la carne de cordero y se discuten algunas estrategias nutritivas cuyo objetivo es aumentar el nivel de ácidos grasos saludables, tales como el ácido linoleico conjugado y los ácidos grasos omega-3. Además, el empleo de subproductos de la industria agroalimentaria ricos en compuestos fenólicos, como es el caso del orujo de uva, en la dieta del ganado ovino y algunos de sus efectos sobre la calidad de la leche y de la carne son también presentados.

**Palabras clave:** ovino, leche, carne, ácidos grasos.

### INTRODUCCIÓN

Los productos del ganado ovino (leche y carne) están considerados alimentos de gran calidad por su alto valor nutritivo y sus características organolépticas. Sin embargo, y aunque se trata de productos tradicionales y de gran arraigo social, su consumo ha sido cuestionado en algunas ocasiones debido, en parte, a la imagen negativa que el consumidor tiene de la cantidad y composición de la grasa que contienen. Así, la grasa de la leche y de la carne del ganado ovino presenta un alto contenido en ácidos grasos saturados y bajo contenido en ácidos grasos

poliinsaturados y ha sido relacionada con la incidencia de enfermedades cardiovasculares.

Sin embargo, esta idea negativa de la grasa de los rumiantes ha ido cambiando en los últimos años, ya que se ha podido comprobar que algunos ácidos grasos saturados son aterogénicos sólo si se ingieren en cantidades excesivas y que contiene algunos ácidos grasos insaturados que son potencialmente beneficiosos para la salud humana (Parodi, 2009). Entre los ácidos grasos de los rumiantes con propiedades bioactivas destacan algunos ácidos grasos insaturados como son el ácido vacénico (VA), el ácido linoleico conjugado (CLA), en particular su isómero más abundante denominado ácido ruménico (RA, *cis-9 trans 11 CLA*), y los ácidos grasos omega-3 (PUFA n-3) por lo que existe un gran interés por aumentar sus niveles en la leche y en la carne (Lock y Bauman, 2004; Raes *et al.* 2004).

Al CLA en particular al isómero mayoritario *cis-9 trans-11 CLA*, se le han atribuido numerosas propiedades biológicas, anticancerígenas, antiobesidad y potenciadoras del sistema inmune entre otras. Los ácidos grasos omega-3, entre los que se encuentran el ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA, C18:3 n3), 22:6 n-3 (DHA) y 20:5 n-3 (EPA), se han relacionado principalmente con reducciones del riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, hipertensión, cáncer y alteraciones neurológicas (Lock and Baumann, 2004).

La alimentación del ganado ovino es el factor con mayor influencia sobre la calidad de los productos, por ello, las estrategias nutritivas han sido las más utilizadas para modificar la composición de la grasa y adaptarla a las demandas de los consumidores. En este sentido, la incorporación de grasas en las raciones, junto con las posibilidades que ofrece la biohidrogenación microbiana a nivel ruminal, han sido señalados como métodos efectivos para incrementar los niveles de ácidos grasos funcionales en la leche y en la carne. Estos cambios de alimentación deben realizarse con precaución ya que a veces conllevan aumentos de ácidos grasos *trans-10* asociados con efectos negativos para la salud humana (Shingfield *et al.*, 2008).

El aumento en el grado de insaturación de la grasa, la hace también más susceptible a la oxidación y, por tanto, con vida útil más corta. Una de las estrategias más comúnmente utilizadas para prevenir la oxidación lipídica de la carne es la utilización de antioxidantes en las raciones. En este sentido, la suplementación de la dieta con sustancias de naturaleza fenólica ha sido sugerida como estrategia de alimentación para mejorar las características funcionales de la carne y de la leche de pequeños rumiantes, así como para mejorar la estabilidad oxidativa y el color de

la carne a lo largo de su almacenamiento (Nieto *et al.*, 2010; Vasta y Luciano, 2011).

El orujo de uva es un subproducto de la elaboración del vino que presenta un alto contenido en compuestos fenólicos con alta capacidad antioxidante que puede actuar sobre la calidad de los productos obtenidos (Makris *et al.*, 2007; Spanghero *et al.*, 2009). Por ello, el empleo de este subproducto se está estudiando como alternativa interesante de alimentación con bajo coste para incrementar el contenido en ácidos grasos funcionales de la grasa y la estabilidad oxidativa de la carne.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, en este trabajo se presentan algunas de las estrategias nutricionales basadas en el empleo de grasas y dirigidas a incrementar el nivel de ácidos grasos con efectos bioactivos en la leche y en la carne de ganado ovino. Asimismo, se presentan algunos de nuestros resultados sobre el empleo de orujo de uva en las raciones de ganado ovino como posible estrategia para la mejora del perfil de ácidos grasos y como alternativa a otros antioxidantes de origen sintético que favorecen la estabilidad oxidativa de la carne.

## METABOLISMO DE LOS LÍPIDOS EN EL RUMEN

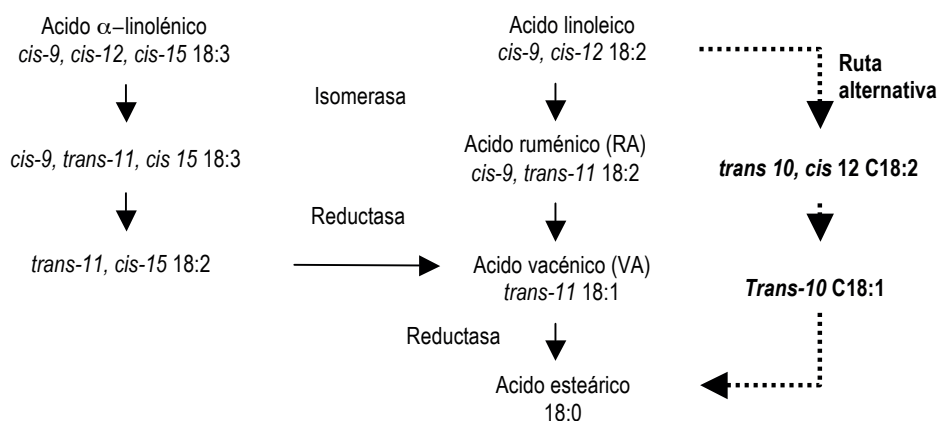
La grasa de la leche y de la carne difiere notablemente de la grasa que consumen los rumiantes, ya que los ácidos grasos que abandonan el rumen son distintos de los presentes en la dieta. Este hecho se produce como consecuencia de los procesos de digestión y metabolismo de las grasas que tienen lugar a nivel ruminal, en la glándula mamaria y en los tejidos.

El metabolismo de las grasas a nivel ruminal incluye de forma sucesiva su hidrólisis y biohidrogenación. Debido a que los ácidos grasos poliinsaturados mayoritarios presentes en los alimentos que consumen los rumiantes son el ácido linoleico (*cis*-9 *cis*-12 C18:2) y  $\alpha$ -linolénico (ALA, *cis*-9 *cis*-12 *cis*-15 C18:3 n-3), han sido las rutas de biohidrogenación más estudiadas y los intermediarios producidos mejor identificados.

De acuerdo con la Figura 1, durante el proceso de biohidrogenación del ácido linoleico a ácido esteárico en el rumen se generan algunos ácidos grasos intermediarios tales como el ácido linoleico conjugado (CLA), cuyo isómero mayoritario es el ácido ruménico (RA, *cis*-9 *trans*-11 CLA), y el ácido vacénico (VA, *trans*-11 C18:1) (Shingfield *et al.* 2010). La biohidrogenación del ácido  $\alpha$ -linolénico también pasa por la formación de VA, sin embargo, y aunque la conversión de VA a esteárico es idéntica, no genera RA, sino intermediarios distintos. Al RA y al VA,

se les han atribuido efectos beneficiosos para la salud por lo que existe un gran interés por aumentar sus niveles en leche.

Una de las estrategias más empleadas para aumentar el nivel de VA y RA en la carne y en la leche ha sido incrementar sus precursores a nivel ruminal mediante el empleo de grasas ricas en ácido linoleico y  $\alpha$ -linolénico como es el caso de los aceites y grasas de origen vegetal.



**Figura 1.** Biohidrogenación del ácido linoleico y  $\alpha$ -linolénico a nivel ruminal. Adaptada de Griinari y Bauman (1999).

Sin embargo, las raciones suplementadas con PUFA, bajas en fibra, con un exceso de almidón rápidamente fermentable, como es el caso de los piensos y raciones empleados en sistemas intensivos, o con pequeño tamaño de partícula, reducen el pH ruminal y afectan negativamente a las bacterias celulolíticas, principales responsables de la eficacia de la biohidrogenación y/o producen vías alternativas (ver Figura 1) con aumentos de otros ácidos grasos *trans* como es el caso de *trans-10 cis-12 C18:2* y el *trans-10 C18:1*. Estos ácidos grasos han sido asociados con un mayor riesgo de padecer enfermedades coronarias y en algunas ocasiones con efectos negativos sobre los rendimientos productivos de los animales lecheros asociados al síndrome de baja grasa, por lo que cualquier estrategia de alimentación debe evitar la formación de estos ácidos grasos *trans-10*.

El metabolismo ruminal de otros ácidos grasos omega-3 menos frecuentes en dietas de rumiantes, tales como 20:5 n-3 (EPA) y 22:6 n-3 (DHA), es menos conocido. Algunos autores (AbuGhazaleh y Jenkins, 2004) han señalado que EPA y DHA son biohidrogenados totalmente a nivel ruminal y, aunque los mecanismos responsables y los productos intermediarios de su biohidrogenación son desconocidos, podría explicar la baja transferencia del EPA y DHA a la grasa de la leche y de la carne. Por otra parte, se ha podido comprobar que estos ácidos grasos de cadena larga, al igual que ocurre con el ácido linoleico, contribuyen

a la acumulación de VA a nivel ruminal debido a la inhibición que producen en la reducción de *trans*-11 C18:1 a C18:0. Por este motivo, la incorporación de ácidos grasos de cadena muy larga en las raciones también se ha propuesto como estrategia para aumentar, además de los ácidos grasos omega-3 (PUFA n-3), los niveles de RA en la leche a partir de VA (Lock y Bauman, 2004).

Por otra parte, la composición de los lípidos de la leche y de la carne no depende exclusivamente de los ácidos grasos absorbidos en el intestino, sino que han sido descritas transformaciones de estos ácidos grasos a nivel de la glándula mamaria y de los tejidos debidas a un complejo sistema enzimático de desaturasas y elongasas. Las células mamarias y las del tejido muscular presentan una potente actividad  $\Delta^9$ -desaturasa. De hecho, se ha estimado que el 64 y 97% del *cis*-9 *trans*-11 CLA de la leche procede de la síntesis endógena en la glándula mamaria a partir de ácido vacénico (Bauman *et al.*, 2003). Por este motivo, el aumento de la actividad  $\Delta^9$ -desaturasa en los tejidos también se ha propuesto como estrategia para aumentar, además de los ácidos grasos omega-3, los niveles de RA la leche a partir de VA (Lock y Bauman, 2004).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se han planteado distintas alternativas de alimentación del ganado ovino con el fin de modificar el perfil de ácidos grasos de la leche y de la carne de acuerdo con las tendencias actuales.

## **ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN PARA MODIFICAR EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE DE OVEJA**

De las estrategias de alimentación empleadas, la suplementación con grasas y las raciones con un nivel y calidad de forraje que favorezca un ambiente ruminal adecuado para la biohidrogenación ruminal, han sido las alternativas más estudiadas y que han presentado resultados más favorables para incrementar los niveles de ácidos grasos con efectos beneficiosos para la salud humana (RA, VA y PUFA n-3) en la leche. Por otra parte, el queso y los productos lácteos reflejan el perfil de ácidos grasos de la leche empleada en su fabricación, por lo que cualquier estrategia de mejora de la calidad de la leche es aplicable a los productos lácteos obtenidos (Nudda *et al.*, 2005; Bodas *et al.*, 2010).

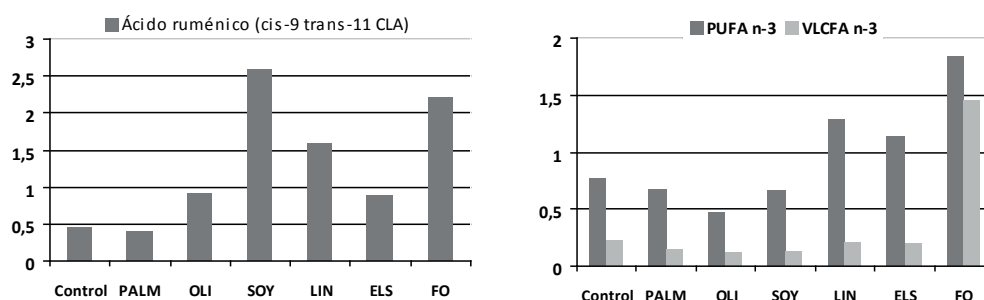
### **Suplementación con grasas**

El efecto de las grasas sobre el perfil de ácidos grasos de la leche depende de su composición y de la forma en que se incorporen en las raciones. Las grasas se pueden añadir en forma de aceites libres,

como semillas de oleaginosas, enteras o procesadas y protegidas de la biohidrogenación ruminal, siendo los jabones cálcicos la forma de protección más utilizada.

En la Figura 2 se presentan los efectos de distintas fuentes de grasa ensayadas en nuestro grupo de investigación y disponibles comercialmente sobre los niveles de ácido ruménico, de ácidos grasos omega-3 (PUFA n-3) y de ácidos grasos omega-3 de cadena larga (VLCFA n-3) en la leche.

Los aceites libres son las fuentes de grasa más accesibles para los microorganismos responsables de la biohidrogenación a nivel ruminal y permiten aumentar el contenido en ácido ruménico, ácido vacénico y ácidos grasos poliinsaturados de la leche. En un trabajo realizado por Bodas *et al.* (2010) en ganado ovino lechero, y cuyos resultados se presentan en la Figura 2, donde se comparó el efecto de raciones cuya diferencia residía únicamente en el tipo de aceite incorporado (palma, oliva, soja o linaza) pudimos comprobar que, a ingestiones de aceite de 70 gramos al día, el aceite con mayor contenido en ácido linoleico (aceite de soja) fue el más efectivo para aumentar los niveles de RA y el aceite de linaza, alto en ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA, C18:3n-3), además de incrementar los niveles de ALA, también generó aumentos considerables de RA en la leche aunque no tan elevados como los del aceite de soja. En el caso del aceite de soja el RA es el resultado de los procesos de biohidrogenación del ácido linoleico en el rumen y también se genera por desaturación del VA a nivel de la glándula mamaria, mientras que en el caso del ácido  $\alpha$ -linolénico, mayoritario en el aceite de linaza, el RA se genera únicamente en la glándula mamaria a partir de VA.



**Figura 2.** Porcentaje (% de ácidos grasos totales) de ácido ruménico (RA, *cis-9 trans-11 CLA*), ácidos grasos omega-3 (PUFA n-3) y de ácidos grasos omega-3 de cadena larga (VLCFA n-3) en la leche obtenida a partir de ovejas suplementadas en la dieta con un 3% de distintas fuentes de grasa (Control: sin grasa añadida; PALM: aceite de palma hidrogenado; OLI: aceite de oliva; SOY: aceite de soja; LIN: aceite de lino; ELS: Semilla extrusionada de lino; FISH: Jabón cálcico de aceite de pescado) (Bodas *et al.* 2010; Manso *et al.*, 2011; Gómez-Cortés *et al.*, 2014; Gallardo *et al.*, 2015).



Nudda *et al.* (2014) al analizar datos de distintos experimentos han señalado una relación lineal ( $R^2 = 0,78$ ) entre la cantidad de aceite de soja ingerido y el contenido en RA de la leche de manera que, cuando la ingestión de grasa oscila entre 50 y 100 gramos al día, se pueden alcanzar niveles de CLA entre el 2 y el 3% en la leche, mientras que concentraciones superiores al 3% solamente son alcanzadas con dosis muy altas de aceite de soja (140 g/día). Es preciso considerar que la incorporación de altos niveles de grasas en las raciones pueden tener efectos negativos sobre la ingestión y el metabolismo de las bacterias celulolíticas responsables de la digestión de la fibra disminuyendo la producción de ácido acético y, por tanto, la producción de grasa de la leche. Este hecho provoca aumentos significativos de ácidos grasos *trans*-10 asociados con un mayor riesgo de padecer enfermedades coronarias, lo que podría cuestionar la calidad de la leche producida (Shingfield *et al.*, 2008). Para evitar estos efectos negativos se han empleado grasas y aceites protegidos de la biohidrogenación ruminal, siendo las semillas y los jabones cálcicos los más utilizados.

Al incorporar semillas enteras de oleaginosas, el aceite que contienen se encuentra disponible a nivel ruminal de forma más gradual que cuando se suministra de forma libre. Este hecho permite una reducción más lenta pero mas completa de los ácidos grasos insaturados generando menores niveles de VA y RA que al emplear aceites libres.

La inclusión de semillas procesadas (extrusionadas, tratadas por calor, micronizadas o molidas) resulta más efectiva que las semillas enteras para generar RA en la leche, ya que los tratamientos permiten que los triglicéridos de las semillas sean más accesibles a los microorganismos del rumen para su lipólisis y biohidrogenación que las semillas no tratadas (Doreau *et al.*, 2009). Además, el empleo de grasas en forma de semillas también permite mantener bajos y estables los niveles de ácidos grasos *trans*-10 que se producen cuando se suministran aceites libres (Gómez-Cortés *et al.*, 2013).

Los procesos de desaturación y elongación de ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3 n-3) en la glándula mamaria explican los aumentos de ácidos grasos omega-3 (PUFA n-3 y VLCFA n-3 observados en la leche al incorporar aceite de linaza y semilla extrusionada de lino (Figura 2). Este aspecto presenta un gran interés debido a la relación de los PUFA n-3, en particular de los de cadena larga, con la prevención de diversas enfermedades.

Trabajos realizados con otras grasas bajas en ácido linoleico y  $\alpha$ -linolénico también han proporcionado aumentos en el nivel de RA, VA y PUFA n-3 en la leche. Es el caso de las grasas de origen marino (aceites de

pescado y algas) ricas en ácidos grasos de cadena larga (EPA y DHA) cuyo interés radica en que provocan cambios en la proliferación de bacterias responsables de la conversión de VA a ácido esteárico a nivel ruminal, favoreciendo el flujo post-ruminal de VA y aumentando la síntesis endógena de RA a través de la acción de la enzima  $\Delta^9$ -desaturasa en la glándula mamaria. Siempre que exista una fuente de ácido linoleico que promueva la producción de VA a nivel ruminal, la inhibición del último paso de la biohidrogenación y la acumulación de VA en el rumen ha sido sugerida como alternativa para lograr una mayor producción de RA de origen endógeno en la glándula mamaria y por lo tanto, para incrementar su nivel en leche (AbuGhazaleh y Jenkins, 2004; Toral *et al.* 2010).

En cuanto al interés del empleo de grasas de origen marino (aceites de pescado y algas marinas) con cantidades importantes de 20:5 n-3 (EPA) y C22:6 n-3 (DHA) para incrementar los niveles de PUFA n-3 de cadena larga (VLCFA n-3) en la leche, los resultados obtenidos hasta el momento indican que, aunque incrementan estos ácidos grasos en la leche (Figura 2), la transferencia del EPA y DHA de la ración a la leche es baja, aún cuando las grasas se suministran en forma de jabones cálcicos (Lock y Bauman, 2004). El bajo índice de transferencia de éstos ácidos grasos, podría ser debido al hecho de que los PUFA n-3 de cadena larga son altamente biohidrogenados en el rumen (Wachira *et al.*, 2000) y a que, por la forma en que son transportados en el plasma, se produce un menor aporte de estos FA a la glándula mamaria (Kittessa *et al.*, 2001).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la utilización de grasas de origen marino como estrategia nutritiva para aumentar los niveles de PUFA n-3 en la leche es muy limitada. Por otra parte, el elevado precio de las grasas de origen marino y el hecho de que se asocien a fuertes bajadas en la producción y contenido en grasa de la leche hace que, hoy en día, su empleo no sea práctico a nivel de explotación.

En general, se recomiendan niveles máximos de un 6% de grasa en las raciones para garantizar que las mejoras en el perfil de ácidos grasos no vayan acompañadas de efectos adversos en la producción y composición de grasa de la leche.

### Nivel y tipo de forraje

Mantener el funcionamiento del rumen en condiciones óptimas mediante un consumo adecuado de forraje de alta calidad es otra de las estrategias que permiten obtener mayores niveles de VA, RA y PUFA n-3 en la leche.

Los forrajes son una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados en las dietas de los rumiantes. Por ello, la alimentación en pastoreo de las ovejas provoca mayores niveles en la leche de ácidos grasos



insaturados, de VA, RA y PUFA n-3 que cuando se emplean raciones mezcladas o forrajes conservados (Nudda *et al.*, 2005).

Los efectos del pasto sobre el contenido en grasa de la leche están relacionados con el alto contenido en ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA) del pasto verde. De manera que, a medida que aumenta la ingestión de pasto, el contenido en ALA ( $r = 0,69$ ) y CLA aumenta ( $r = 0,79$ ) (De Renobales *et al.*, 2012). En general, los pastos frescos, dan lugar a mayores niveles de RA, VA y ALA en la grasa de la leche que henos y ensilados y los incrementos en el RA se reducen a medida que el pasto madura (Nudda *et al.* 2005; Joy *et al.*, 2012). Ha sido señalado que este efecto no se debe únicamente a diferencias en la composición de los forrajes y que podría estar relacionado con la existencia en el pasto de compuestos que estimulan la producción de VA cuando está fresco y que lo disminuyen cuando esta maduro. Asimismo, estos compuestos podrían inhibir la biohidrogenación completa de VA a esteárico de la misma forma que, tal y como se ha indicado anteriormente, actúan otros ácidos grasos de cadena muy larga como el EPA y DHA (Lock y Baumann, 2004). En general, algunos compuestos fenólicos de las plantas como los taninos afectan a la fermentación ruminal y también ha sido señalado que podrían modificar el perfil de ácidos grasos de la leche (Vasta *et al.*, 2008).

Aunque son escasos los datos referentes al empleo de distintos forrajes conservados sobre el perfil de ácidos grasos de la leche de oveja, Reynolds *et al.* (2006) han puesto de manifiesto que la concentración de RA fue mayor y la de ALA menor en la leche de ovejas alimentadas con ensilado de maíz que con alfalfa en pellets y que el heno de alfalfa presenta mejor aptitud para incrementar los niveles de RA en la leche. En general, las dietas con baja relación forraje:concentrado y asociadas a un pH ruminal inferior a 6 reducen la biohidrogenación de ácidos grasos y dan lugar a rutas alternativas y a cambios en los niveles de CLA. Sin embargo, el ganado ovino parece ser menos sensible que el ganado vacuno a cambios en la relación forraje:concentrado de la ración (Nudda *et al.*, 2014) y de hecho, ovejas alimentadas con niveles crecientes de forraje (30:70, 50:50 y 70:30) no presentaron cambios en el contenido en RA de la leche (Gómez-Cortés *et al.*, 2011).

## **ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN PARA MODIFICAR EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CORDERO**

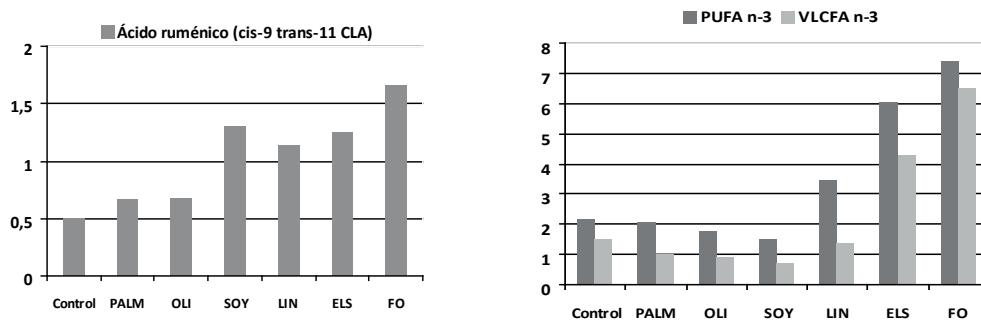
### **Suplementación con grasas**

En la composición de la grasa de los corderos alimentados mediante lactancia natural, influye la composición de la ración que consumen

las ovejas (Scerra *et al.*, 2007; Joy *et al.*, 2012), por ello, las estrategias indicadas para mejorar la calidad de la grasa de la leche resultan también útiles para mejorar el perfil de ácidos grasos de la carne de los corderos lechales producidos.

En la Figura 3 se presentan los efectos de distintas fuentes de grasa en la ración de ovejas churras empleadas en algunos trabajos de nuestro grupo de investigación y disponibles comercialmente sobre los niveles de ácido ruménico (*cis-9 trans-11 CLA*), de ácidos grasos omega-3 (PUFA n-3) y de ácidos grasos omega-3 de cadena larga (VLCFA n-3) de la grasa intramuscular de corderos lechales.

Así, en trabajos realizados por Manso *et al.* (2011) y Gallardo *et al.* (2014), y tal y como se presenta en la Figura 3, se ha podido comprobar que la composición de la grasa de la carne de cordero lechal depende del perfil de ácidos grasos de la fuente de grasa suministrada en la alimentación de las ovejas, así como de la forma de incorporación. Los contenidos en VA y RA se vieron reflejados en los depósitos grasos de los lechales ya que se incorporan preferentemente en los triglicéridos. Las variaciones en los niveles de PUFA n-3 se reflejaron principalmente en la grasa intramuscular de los corderos lechales debido al contenido en fosfolípidos de las membranas de la fibras musculares, alcanzando valores de PUFA n-3 muy superiores a los de la leche (Raes *et al.* 2004).

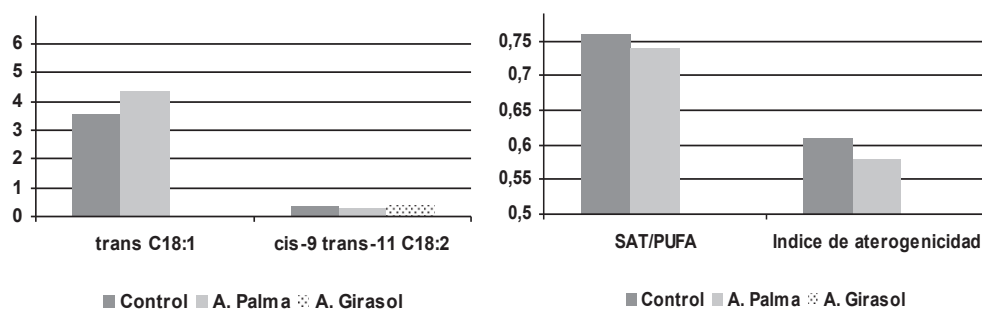


**Figura 3.** Porcentaje (% de ácidos grasos totales) de ácido ruménico (*cis-9 trans-11 CLA*), de ácidos grasos omega-3 (PUFA n-3) y de ácidos grasos omega-3 de cadena larga (VLCFA n-3) de la grasa intramuscular de corderos lechales obtenidos a partir de ovejas suplementadas en la dieta con un 3% de distintas fuentes de grasa (Control: sin grasa añadida; PALM: aceite de palma hidrogenado; OLI: aceite de oliva; SOY: aceite de soja; LIN: aceite de lino; ELS: Semilla extrusionada de lino; FISH: Jabón cálcico de aceite de pescado). (Manso *et al.*, 2011; Gómez-Cortés *et al.*, 2014; Gallardo *et al.*, 2015).

Los aceites vegetales también han sido estudiados como alternativa para mejorar el perfil de ácidos grasos y aumentar los niveles de CLA y de ácidos grasos insaturados de la carne de corderos de cebo.

Tal y como se presenta en la Figura 4, a pesar de su alto contenido en ácido linoleico, un 3% de aceite de girasol en el pienso de corderos no mejoró los niveles de ácido ruménico (*cis*-9, *trans*-11 CLA) en la carne, sin embargo, incrementó los niveles de ácidos grasos *trans* (Manso *et al.*, 2009). Por otra parte, aunque las diferencias en la relación saturados/insaturados no fueron significativas, la grasa intramuscular de los corderos que recibieron aceite de girasol presentó un menor índice de aterogenicidad que la grasa de corderos alimentados sin grasa añadida o con aceite de palma hidrogenado. Algunos autores Bessa *et al.* (2005) también han señalado aumentos en la proporción de determinados ácidos grasos asociados con efectos negativos sobre la salud humana (*trans*-10 C18:1) en la carne cuando se suministran aceites en raciones con baja relación forraje:concentrado. Por lo tanto, este debe ser un aspecto a tener en cuenta a la hora de realizar recomendaciones sobre la utilización de aceites en raciones de cebo de corderos. Similares resultados han sido encontrados al emplear aceite de soja y linaza en raciones de corderos (Francisco *et al.*, 2015).

El empleo de aceites y semillas ricas en PUFA n-3, tales como el aceite de linaza, la semilla extrusionada de lino o la semilla de chía en cebo de corderos han demostrado ser eficaces para incrementar los niveles de PUFA n-3 en la carne, lo cual resulta favorable desde el punto de vista de la salud humana, a pesar de que el nivel de *cis*-9 *trans*-11 CLA no se vea modificado (Urrutia *et al.*, 2015). Asimismo, el empleo de aceites de pescado parece ser la vía más efectiva para incrementar los niveles de EPA y DHA en el músculo de los corderos (Raes *et al.*, 2004).



**Figura 4.** Efecto de un 3% de aceite de girasol sobre el contenido (% de ácidos grasos totales) de ácidos grasos *trans* C18:1 y *cis*-9 *trans*-11 CLA de la grasa intramuscular de corderos durante el periodo de crecimiento cebo (Manso *et al.*, 2009).

### Nivel y tipo de forraje

La alimentación en pastoreo de las ovejas genera corderos lactantes con una grasa menos saturada y con mayores niveles de RA, VA y PUFA n-3, así como una relación n6/n3 más favorable, que cuando los

corderos proceden de madres estabuladas y alimentadas con forrajes conservados y/o alta proporción de concentrados (Scerra *et al.*, 2007; Joy *et al.*, 2012).

En corderos destetados y alimentados a base de pastos y forrajes, y debido a que la hierba posee un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados y de la serie n-3, la carne presenta mayores concentraciones de RA y un perfil de ácidos grasos más saludable (Raes *et al.*, 2004). Sin embargo, cuando los corderos son cebados de forma intensiva a base de concentrados y paja de cereales *ad libitum*, como es el caso de la mayoría de los corderos que se ceban en España, los niveles de RA y otros ácidos grasos poliinsaturados PUFA n-3 son más limitados.

## EMPLEO DE ORUJO DE UVA EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO OVINO

El aumento en el grado de insaturación de la grasa, la hace también más susceptible a la oxidación y, por tanto, con vida útil más corta. Una de las estrategias más comúnmente utilizada para prevenir la oxidación lipídica de la carne es la utilización de antioxidantes en las raciones. En muchas ocasiones se utilizan antioxidantes de síntesis, cuyo uso está bastante restringido en algunos países debido a sus efectos tóxicos y carcinogénicos, por ello, el desarrollo de antioxidantes de origen natural, entre los que se encuentran los compuestos fenólicos ha despertado un gran interés.

En la alimentación de los rumiantes en general, y del ganado ovino en particular, es muy habitual utilizar subproductos de la industria agroalimentaria, ya que esto permite, no solo aprovechar subproductos que de otra manera serían únicamente residuos, sino también reducir el coste de la ración y/o proporcionar sustancias bioactivas con efectos beneficiosos sobre la calidad de los productos y la salud de los consumidores.

El orujo de uva es un subproducto de la elaboración del vino que presenta una gran riqueza en compuestos fenólicos con alta capacidad antioxidante, por ello, se ha planteado como alternativa de alimentación interesante con bajo coste para incrementar, además de la estabilidad oxidativa de los productos, el contenido en ácidos grasos funcionales de la grasa de pequeños rumiantes.

En este sentido, algunos autores han relacionado la ingestión de polifenoles y taninos condensados con cambios en la flora bacteriana implicada en los procesos biohidrogenación ruminal, provocando la inhibición de la conversión de VA a ácido esteárico y favoreciendo

la acumulación de VA a nivel ruminal. Por otra parte, la enzima  $\Delta^9$ -desaturasa también puede verse influenciada por la presencia de algunos polifenoles, favoreciendo la síntesis endógena de RA a partir de VA en los tejidos animales (Vasta *et al.*, 2009). Como consecuencia, el empleo de polifenoles en general, y de orujo de uva en particular, se está planteando, además de por su efecto antioxidante, como estrategia para la mejora de la calidad de la grasa de la leche y de la carne.

Así, en un trabajo reciente realizado por nuestro grupo de investigación (Guerra-Rivas *et al.*, 2015a) con ovejas en inicio de lactación en el que suministramos a las ovejas dos niveles de orujo de uva (5% y 10% de la materia seca de la ración) y lo comparamos con el antioxidante habitualmente utilizado (vitamina E), pudimos observar que el contenido en CLA y VA de la grasa intramuscular fue superior en aquellos corderos cuyas madres ingirieron orujo de uva, lo que podría corroborar el efecto de los polifenoles del orujo de uva sobre los procesos de biohidrogenación de las grasas.

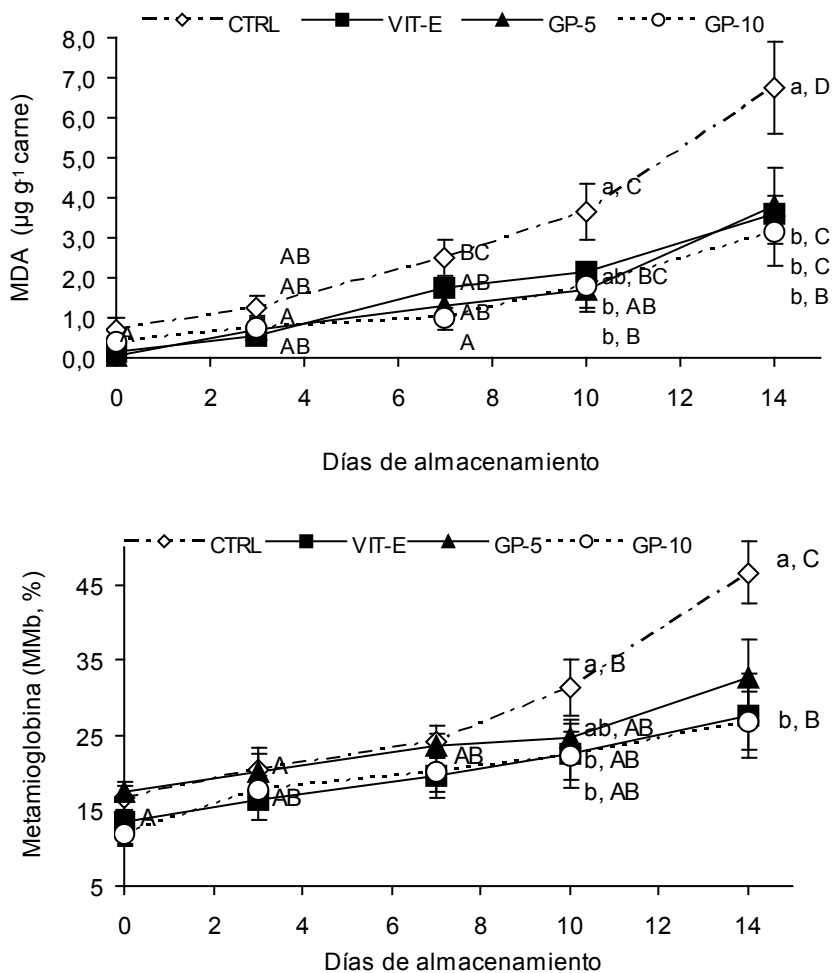
En otra prueba experimental (Guerra-Rivas *et al.*, 2013), y de igual modo, al incorporar un 5% de orujo de uva en piensos de cebo de corderos, y aunque los efectos de los tratamientos fueron mínimos, también detectamos una tendencia a un mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados en la carne de los corderos que recibieron orujo de uva.

El alto grado de insaturación de la grasa del orujo de uva, con un nivel de ácido linoleico mayor al 60%, así como el efecto inhibitorio de algunos de sus compuestos fenólicos sobre los procesos de biohidrogenación a nivel ruminal y sus interacciones con la población microbiana y con las enzimas desaturasas que intervienen en los procesos de biohidrogenación ruminal podrían explicar estos resultados.

Algunos autores al emplear diferentes extractos vegetales han observado correlaciones lineales y positivas entre el contenido en compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante (Zheng y Wang, 2001). Además, se ha podido comprobar que la suplementación de la dieta con sustancias de naturaleza fenólica mejora la estabilidad del color de la carne a lo largo de su almacenamiento (Vasta y Luciano, 2011). En este sentido, el alto contenido en compuestos fenólicos de los residuos de vinificación podría resultar interesante como fuente de antioxidantes en las raciones de ganado ovino.

Así, al incorporar orujo de uva en la ración de ovejas lactantes a niveles de 5 y el 10% de la materia seca, y tal y como se presenta en la Figura 5, encontramos que el contenido en malondialdehído (MDA), indicador del grado de oxidación de la carne, aumentó con el tiempo de

refrigeración y que el nivel de MDA tendió a ser inferior a partir del día 3 de almacenamiento en la carne de los corderos lechales cuyas madres recibieron orujo de uva en la ración mostrando un efecto similar al ejercido por la vitamina E.



**Figura 5.** Efecto de un 5% (GP-5) y de un 10% (GP-10) de orujo de uva en la ración de ovejas en lactación sobre los niveles de malondialdehído (MDA) en la carne de corderos lechales en relación con ovejas que no fueron suplementadas (Control) o que fueron suplementadas con 500 mg de vitamina E (VIT-E). Letras minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ) y letras mayúsculas entre días de almacenamiento (Guerra-Rivas *et al.*, 2015b).

Aunque los parámetros de color no mostraron grandes diferencias debidas al tratamiento experimental, los niveles de MDA estuvieron correlacionados positivamente con los niveles de metamioglobina y los resultados encontrados en la carne de corderos lactantes parecen indicar una posible transferencia de los polifenoles del orujo de uva a la leche. Tendencias similares hemos encontrado al incorporar un 5% de orujo de uva en otras pruebas con piensos de corderos durante el periodo de crecimiento-cebo.



## CONCLUSIONES

El tipo de grasa y de forraje de las raciones de ganado ovino son los factores más importantes a tener en cuenta si se quiere producir leche y carne de cordero y de lechazo con un perfil de ácidos grasos adaptado a las demandas de los consumidores desde el punto de vista de la salud humana. Asimismo, el empleo de subproductos agroindustriales, como el orujo de uva, y como consecuencia de su riqueza en polifenoles podría ser una estrategia sostenible y económica para aumentar el ácido vacénico y el CLA en la leche, así como para mejorar la estabilidad oxidativa de la carne de cordero. Sin embargo, mayor investigación es necesaria para poder establecer con precisión el nivel más adecuado de orujo en las raciones del ganado ovino durante las distintas fases del periodo productivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abughazaleh, A.A., Jenkins, T.C. (2004). Disappearance of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids from cultures of mixed ruminal microorganisms. *Journal of Dairy Science*, 87, 645-651.
- Bauman, D.E., Perfield, J.W., de Veth, M.J., Lock, A.L. (2003). New Perspectives on Lipid Digestion and Metabolism in Ruminants. In: *Proceedings of the Cornell Nutritional Conference*, pp. 175-189, Cornell University, Ithaca, NY.
- Bessa, R.J.B., Portugal, P.V., Mendes, I.A., Santos-Silva, J. (2009). Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. *Livestock Production Science*, 96, 185-194.
- Bodas, R., Manso, T., Mantecón, A.R., Juárez, M., De La Fuente, M.A., Gómez-Cortés, P. (2010). Comparison of the fatty acid profiles in cheeses from ewes fed diets supplemented with different plant oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10493-10502.
- de Renobales, M., Amores, G., Arranz, J., Virto, M., Barrón, L.J.R., Bustamante, M.A., Ruiz de Gordo, J.C., Nájera, A.I., Valdivielso, I., Abilleira, E., Beltrán de Heredia, I., Pérez-Elortondo, F.J., Ruiz, R., Albisu, M., Mandaluniz, N. (2012). Part-time grazing improves sheep milk production and its nutritional characteristics. *Food Chemistry*, 130, 90-96.
- Doreau, M., Laverroux, S., Normand, J., Chesneau, G., Glasser, F. (2009). Effect of linseed fed as rolled seeds, extruded seeds or oil on fatty acid rumen metabolism and intestinal digestibility in cows. *Lipids*, 44, 53-62.
- Francisco, A., Dentinho, M.T., Alves, S.P., Portugal, P.V., Fernandes, F., Sengo, S., Jerónimo, E., Oliveira, M.A., Costa, P., Sequeira, A., Bessa, R.J.B., Santos-Silva, J. (2015). Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. *Meat Science*, 100, 275-282.
- Gallardo, B., Gómez-Cortés, P., Mantecón, A.R., Juárez, M., Manso, T., de la Fuente, M.A. (2014). Effects of olive and fish oil Ca soaps in ewe diets on milk fat and muscle and subcutaneous tissue fatty-acid profiles of suckling lambs animal. *Animal*, 8, 1178-1190.

- Gómez-Cortés, P., Gallardo, B., Mantecón, A.R., Juárez, M., de la Fuente, M.A., Manso, T. (2013). Effects of different sources of fat (calcium soap of palm oil *vs.* extruded linseed) in lactating ewes' diet on the fatty acid profile of their suckling lambs. *Meat Science*, *96*, 1304-13012.
- Griinari, J.M., Bauman, D.E. (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Vol. 1. Editores: M. P. Yurawecz, M. M. Mossoba, J. K. G. Kramer, M. W. Pariza, and G. J. Nelson, ed. AOCS Press, Champaign, IL. pp. 180-200.
- Guerra-Rivas, C., Gallardo, B., Lavín, P., Mantecón, A.R., Vieira, C., Manso, T. (2015a). Los niveles de ácido ruménico y ácido vacénico de la grasa intramuscular de los lechazos aumentan al incorporar orujo de uva en la ración de las ovejas. En: *XVI Jornadas sobre Producción Animal*, Edita: Asociación Interprofesional para el desarrollo agrario. Tomo I, 678-680.
- Guerra-Rivas, C., Lavín, P., Gallardo, B., Mantecón, A.R., Vieira, C., Manso, T. (2013). Grape pomace and grape seed extract in lambs diet: meat fatty acid profile and antioxidant activity. In: *Book of abstract of the 64th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP, 2013)*. Ed. Wageningen Academic Publishers (Holland). pp.379.
- Guerra-Rivas, C., Vieira, C., Gallardo, B., Mantecón, A.R., Lavín, P., Manso, T. (2015b). La estabilidad oxidativa de la carne de lechazo se incrementa a lo largo de su almacenamiento al incorporar orujo de uva en la ración de las ovejas. En: *XVI Jornadas sobre Producción Animal*, Edita: Asociación Interprofesional para el desarrollo agrario. Tomo I, 681-683.
- Joy, M., Ripoll, G., Molino, F., Dervishi, E., Álvarez-Rodríguez, J. (2012). Influence of the type of forage supplied to ewes in pre- and post-partum periods on the meat fatty acids of suckling lambs. *Meat Science*, *90*, 775-782.
- Kitessa, S.M., Gulati, S.K., Ashes, J.R., Fleck, E., Scott, T.W., Nichols, P.D. (2001). Utilisation of fish oil in ruminants. II *Transfer of fish oil fatty acids into goats' milk*. *Animal Feed Science and Technology*, *89*, 201-208.
- Lock, A.L., Bauman, D.E. (2004). Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*, *39*, 1197-1206.
- Makris, D.P., Boskou, G., Andrikopoulos, N.K. (2007). Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, *20*, 125-132.
- Manso, T. Bodas, R., Vieira, C., Mantecón, A.R., Castro, T. (2011). Feeding vegetable oils to lactating ewes modifies the fatty acid profile of suckling lambs. *Animal*, *5*, 1659-1667.
- Manso, T., Bodas, R., Castro, T., Jimeno, V., Mantecón, A.R. (2009). Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. *Meat Science*, *83*, 511-516.
- Nieto, G; Díaz, P., Bañón, S., Garrido, M.D. (2010). Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science*, *84*, 23-29.
- Nudda, A., Battacone, G., Boaventura, O, Cannas, A., Dias Francesconi, A., Atzori, A.E., Pulina, G. (2014). Feeding strategies to desing the fatty acid profile of sheep milk and cheese. *Revista brasileira de zootecnia*, *43*, 445-456.
- Nudda, A., Mcguire, M.A., Battacone, G., Pulina, G. (2005). Seasonal variation in conjugated linoleic acid and vaccenic acid in milk fat of sheep and its transfer to cheese and ricotta. *Journal of Dairy Science*, *88*, 1311-1319.

- Parodi, P.W. (2009). Has the association between saturated fatty acids, serum cholesterol and coronary heart disease been over emphasized?. *International Dairy Journal*, 19, 345-361.
- Piperova, L.S., Sampugna, J., Teter, B.B., Kalscheur, K.F., Yurawecz, M.P., Ku, Y., Morehouse, K.M., Erdman, R.A. (2002). Duodenal and milk *trans* octadecenoic acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomers indicate that postabsorptive synthesis is the predominant source of *cis*-9 containing CLA in lactating dairy cows. *Journal of Nutrition*, 132, 1235-1241.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D. (2004). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113, 199-221.
- Reynolds, C.K.; Cannon, V.L., Loerch, S.C. (2006). Effects of forage source and supplementation with soybean and marine algal oil on milk fatty acid composition of ewes. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 333-357.
- Scerra, M., Caparra, P., Foti, F., Galofaro, V., Sinatra, M.C., Scerra, V. (2007). Influence of ewe feeding systems on fatty acid composition of suckling lambs. *Meat Science*, 76, 390-394. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.033>
- Shingfield, K.J., Bernard, L., Leroux, C., Chilliard, Y. (2010). Role of *trans* fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal*, 4, 1140-1166.
- Shingfield, K.J., Chilliard, Y., Toivonen, V., Kairenius, P., Givens, D.I. (2008). *Trans* fatty acid and bioactive lipids in ruminant milk. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 606, 3-65.
- Spanghero, M., Salem, A.M.Z., Robinson, P.H. (2009). Chemical composition, including secondary metabolites, and rumen fermentability of seeds and pulp of Californian (USA) and Italian grape pomaces. *Animal Feed Science and Technology*, 152, 243-255.
- Toral, P.G., Frutos, P., Hervás, G., Gómez-Cortés, P., Juárez, M., de la Fuente, M.A., (2010). Changes in milk fatty acid profile and animal performance in response to fish oil supplementation, alone or in combination with sunflower oil, in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 93, 1604-1615.
- Urrutia, O., Soret, B., Insausti, K., Mendizabal, J.A., Purroy, A., Arana, A. (2015). The effects of linseed or chia seed dietary supplementation on adipose tissue development, fatty acid composition, and lipogenic gene expression in lambs. *Small Ruminant Research*, 123, 204-211.
- Vasta, V., Luciano, G. (2011) The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Research*, 101, 150-159.
- Vasta, V., Nudda, A., Cannas, A., Lanza, M., Priolo, A. (2008). Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. Review. *Animal Feed Science and Technology*, 147, 223-246.
- Vasta, V., Priolo, A., Scerra, M., Hallett, K.G., Wood, J.D., Doran, O. (2009).  $\Delta^9$  desaturase protein expression and fatty acid composition of *longissimus dorsi* muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins. *Meat Science*, 82, 357-364.
- Wachira, A.M., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Hallett, K., Enser, M. Wood, J.D. (2000). Rumen biohydrogenation of n-3 polyunsaturated fatty acids and their effects on microbial efficiency and nutrient digestibility in sheep. *Journal of Agricultural Science*, 135, 419-428.
- Zheng, W., Wang, S.Y. (2011). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5165-5170.

## MODIFYING MILK AND MEAT CHARACTERISTICS THROUGH FEED CHANGES

### ABSTRACT

Feeding is a major factor affecting the quality of sheep products (milk and meat). The feeding strategies useful to increase the levels of healthy fatty acids (FA), such as conjugated linoleic acid and omega-3 FA, in milk and meat in the human diet are reported. The addition of supplements rich in oils and the level and quality of forage seem valuable tools to influence the fatty acid composition of milk and lambs meat. In addition, the use of alternative feed resources such as grape pomace rich in phenolic compounds in the sheep and lamb diets and their effects on meat FA composition and oxidative stability are also discussed.

**Key words:** sheep, milk, meat, fatty acids.