

## CONTRIBUCIÓN DE LA DIETA PASTORIL A LA MEJORA DE LA COMPOSICIÓN LÍPIDICA DE LA CARNE Y LA LECHE DE RUMIANTES

Pilar Teresa Garcia

Foro de la alimentación, la Nutrición y la Salud (FANUS)

\*Correspondencia: pitegarcia@yahoo.com

### Resumen

*Los efectos positivos de las dietas basadas en pasturas y forrajes sobre la composición de los ácidos grasos de carnes y leche de rumiantes, así como sobre el aporte de productos de la biohidrogenación ruminal (CLAs), han generado numerosas investigaciones por parte del sector de la producción primaria y de los relacionados con la salud y nutrición humana. Dado que el empleo de forrajes y pasturas en las dietas animales contribuye al valor nutritivo de la carne y la leche y puede a su vez reducir costos, los efectos sobre el proceso de biohidrogenación de los distintos componentes de los forrajes y pasturas como polifenoles, taninos, etc. necesitan ser más explorados.*

**Palabras claves:** pasturas dieta rumiantes, composición lípidos carne y leche.

### Abstract

*The positive effects of ruminant pasture based diets on meat and milk fatty acids composition and in the conjugated isomers of the linoleic and linolenic isomers (CLAs) have increased the number of researches done in both, the animal production and the human health sectors. The inclusion of pastures in animal diets contributes to human health and also reduces production costs, but more studies about the effects of other pasture compounds, such as polyphenols, tannins, etc, on the ruminal biohydrogenation process are needed.*

**Keywords:** pasture diets ruminants, meat and milk fatty acid composition.

### Introducción

Los lípidos constituyen un componente importante de la dieta humana pero sus niveles de entrada en la dieta humana son considerados muy altos y su composición en ácidos grasos muy desbalanceada. Hay una entrada excesiva de ácidos grasos saturados (SFAs) respecto de los poliinsaturados (PUFAs), expresada habitualmente por la relación P/S, y el consumo de PUFAs n-6 es muy alto respecto al consumo de los PUFAs n-3. Una alta relación PUFAs n-6/n-3 es un factor de riesgo para el desarrollo del cáncer y de las enfermedades cardiovasculares (CVD). Recientemente los nutricionistas se han centrado en el tipo de PUFA y el balance en la dieta entre los PUFAs n-3 formados a partir de ALA (C18:3 n-3) y los PUFAs n-6 formados a partir de LA (C18:2 n-6) (Russo, 2009). LA and ALA son los precursores de los PUFAs n-3 y n-6 que son sintetizados a través de una serie de reacciones de elongación y desaturación. Las dos familias de ácidos grasos compiten por los mismos sistemas enzimáticos (Brenner, 1999). La conversión de ALA a EPA (C20:5 n-3), DPA (C22:5 n-3) and DHA (C22:6 n-3) depende de la cantidad total de PUFAs en la dieta, de la relación LA/ALA y de la disponibilidad de ALA (Barcelo-Coblijn and Murphy, 2009). Mwangi et al. (2019) sostienen que las desaturasas  $\Delta 5$ ,  $\Delta 6$  y  $\Delta 9$  son enzimas cruciales en el metabolismo de los PUFAs y sus actividades son influenciadas por varios factores como los ácidos grasos de la dieta y el tipo biológico del tejido.

El interés del consumidor por el perfil de ácidos grasos (FAs) en los productos derivados de rumiantes, carne y leche, ha motivado la necesidad de disminuir el aporte de los ácidos grasos saturados (SFAs) particularmente de los ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0), en conjunción con un aumento en las concentraciones del ácido alfa linolénico C18:3 n-3 (ALA) y del ácido ruménico C18:2 9-cis,11-trans (RA) y de su precursor el ácido vaccénico C18:1 11-trans (VA). Muy pocos PUFAs pueden ser sintetizados de novo por rumiantes y por lo tanto deben provenir de la dieta. RA reduce la severidad de la artritis y protege contra la colitis en modelos animales y hay evidencias epidemiológicas de que puede reducir la incidencia de cáncer de mama y de colon (Rodríguez Alcalá et al. (2017). Pese a que los requerimientos de ALA son mínimos es necesario aumentar ALA para bajar la relación PUFAs n-6/n-3 pues altos niveles de ácidos grasos n-6/n-3 se asocian a la inflamación asociada a enfermedades crónicas como las enfermedades cardiovasculares.

res (CVD), diabetes, artritis, etc. (Simopoulos, 2008). Es interesante destacar que los productos derivados de rumiantes constituyen la única fuente de RA y VA en humanos. RA y VA se incrementan al aumentar las concentraciones de los PUFAs en la dieta y ello resalta la importancia de las pasturas y forrajes por su alto contenido en PUFAs n-3 y n-6 que cuando son consumidos crean un ambiente con un pH favorable a los microorganismos que producen RA y VA a partir de LA y ALA.

La dieta y la genética influyen las características de la composición de los ácidos grasos de carnes, leche y los productos derivados de ellos (Mwangi et al. 2019). Las desaturasas  $\Delta 5$ ,  $\Delta 6$  y  $\Delta 9$  son enzimas cruciales en el metabolismo de los ácidos poliinsaturados (PUFAs) y sus actividades están influenciadas por varios factores como los ácidos grasos de la dieta y el tipo biológico del tejido. La creciente epidemia de enfermedades crónicas relacionadas con la dieta han estimulado la búsqueda de estrategias nutricionales que modulen el perfil lipídico de productos derivados de rumiantes (Vasta y Luciano, 2011).

La World Health Organization (WHO) 2015 clasifica el consumo de carnes rojas como “probable carcinogénico para el hombre”. El término ácidos grasos trans (TFA) debería limitarse solamente a los ácidos grasos producidos por hidrogenación industrial de aceites (ITFA) con doble bandas en configuración trans. Los CLAs deberían ser considerados separadamente como trans provenientes de rumiantes (RTFA). Los RTFA contribuyen con 50% de los ácidos VA y RA. En contraste al ácido eláidico (trans-9 C18:1) que ocurre en aceites hidrogenados frente al ácido VA que es metabolizado a RA vía la delta 9-desaturada (Kuhnt et al. 2016). Kronberg et al. (2019) destacan que en EEUU el consumo de “grass-beef” es considerado para la salud humana y el ambiente más benéfico que el “grain-beef”. Silva Cardoso et al. (2020) destacan la importancia de la “grass-land”, un 26% del área total terrestre y el 80% de la tierra productiva de agricultura (Boval y Dixon, 2012) y destacan que la selección de una variedad de pasturas aumenta el bienestar animal y además tiene un efecto positivo, pues al recibir diversos tipos de pasturas y forrajes con alta proporción de hierbas, se enriquece el producto animal. Argentina, por ejemplo, produce 3,2 millones de hectáreas de alfalfa, con el 24% del mercado mundial detrás de EEUU y Brasil que tienen respectivamente, el 31% y el 7%. Desde que los forrajes contribuyen al valor nutricional de la carne y pueden reducir costos, el tipo y calidad de los mismos necesitan ser más explorados (Woo-Ming et al. 2018). Toral et al. (2018) consideran que la manipulación del ambiente ruminal ofrece la oportunidad de modificar la composición lipídica de la carne y la leche al cambiar la disponibilidad de los ácidos grasos para los lípidos mamarios e intramusculares. Será sin duda importante el aporte de productos secundarios, taninos, polifenol oxidasas, aceites esenciales, ácidos grasos oxigenados y saponinas con efectos positivos para reducir la intensidad de la biohidrogenación ruminal. Pese a algunos resultados controversiales, ciertas evidencias apoyan la hipótesis que la diversidad de plantas, manifestada por la riqueza en fitoquímicos, afectan la riqueza bioquímica de carnes y leche y al mismo tiempo la salud humana y el ambiente. Dhanasekaran et al. (2020) destacan que emplear extractos de plantas conteniendo un alto nivel de metabolitos secundarios de plantas como taninos, aceites esenciales y saponinas tiene la habilidad de manipular la fermentación ruminal de un modo favorable. Un estudio reciente demuestra que los PUFAs esterificados a lípidos más complejos como los fosfolípidos y ésteres del colesterol, muy abundantes en los forrajes, son menos biohidrogenados que los presentes en los triglicéridos de granos y semillas. La utilización de los FAs a partir de las pasturas es también afectada por compuestos secundarios presentes en las pasturas que pueden afectar la lipólisis y la utilización en el rumen de los FAs derivados de las mismas.

## 2. Composición de ácidos grasos pasturas y forrajes

Las pasturas y forrajes tienen altas concentraciones de los ácidos grasos LA y ALA. Los forrajes frescos contienen entre 50-75% de LA y ALA respectivamente. La composición en ácidos grasos depende de muchos factores: temperatura, variaciones diurnas, disponibilidad de agua, fertilidad del suelo, madurez, estación del año, conservación del forraje, impacto del ensilado (Goosen (2018)). En general las prácticas de conservación del forraje reducen el contenido de ALA y LA en los mismos.

Si bien los niveles de ALA en las pasturas dependen de muchos factores el perfil lipídico es distintivo de la especie lo cual indica un control genético considerable (Dewhurst et al., 2001). Esto permite seleccionar forrajes con las más altas concentraciones o alterar la composición en ácidos grasos. A niveles similares de desarrollo Boufaied et al. (2003) encontraron diferencias significativas entre especies de la misma familia,

pasturas o legumbres, y entre las dos familias. Las legumbres presentaban más altas concentraciones de C14:0, C16:0, C18:0, C18:1 y LA y menores concentraciones de ALA. Según Glacer et al. (2013) la concentración de ALA fue de 50-75g 100-1 g en MS de pasturas y de 40-50g 100-1 en MS de leguminosas. Garcia et al. (2015) estudiaron los cambios que se producen en la composición de ácidos grasos en cultivares de tricepuro, avena, raigrás y triticale en los meses de junio, julio y agosto. El momento de corte afectó significativamente el porcentaje de extracto etéreo y las contribuciones de LA y ALA. Boufaied et al. (2003) encontraron que las legumbres contienen 1,3 más de LA que las pasturas mientras que las pasturas contienen 1,3 veces más ALA que las legumbres. Veiga et al. (2016) detectaron diferencias entre dos *Perennial ryegrass*: El híbrido tenía menos ALA (3,62 vs 5,28 g/Kg/MS), menos PUFA (4,98 vs 6,23 g/kg/MS) y más LA (1,33 vs 0,93 g/kg/MS). Dewhurst et al. (2001) detectaron que las más altas concentraciones de TFAs en *Lolium L. spp* (*L. perenne*, *L. multiflorum* y *L. boucheanum*) se detectaron en el momento del crecimiento vegetativo. Cambios similares fueron detectados en *perennial ryegrass* (*L. perenne*) por Guilliard et al. (2002). También hay ciertas evidencias de que en el momento de la floración disminuyen las concentraciones de FAs (Dewhurst et al. (2002). Cambios en la relación hojas/tallos pueden explicar los descensos en las proporciones de FAs al madurar la planta (Boufaied et al. (2003). Estudios anteriores habían detectado que la proporción de hojas/tallo disminuye con la madurez (Belanger & McQueen, 1996). La exposición a bajas temperaturas induce cambios en los lípidos de membrana, especialmente en el grado de insaturación y en el contenido de fosfolípidos. Falcone et al. (2004) demostraron en *Arabidopsis* que la reducción de 36°C a 17°C aumenta las concentraciones de ALA y disminuye las de LA. Sin embargo, Kuiper et al. (1970) encontraron que *Medicago sativa* L. a 15°C tenía más altas concentraciones de LA y ALA que a 30°C. La intensidad de la luz puede afectar la composición de FAs al influenciar el contenido de cloroplastos. Dewhurst & King (1998) encontraron que cubriendo una pastura con una hoja de plástico negro durante 24 hs antes del corte se reducía el contenido total de TFAs y de ALA. Mel'uchova et al. (2008) encontraron que el contenido de ALA disminuía significativamente de 62% a 39% de mayo a setiembre y aumentaba a 57% de agosto a setiembre, comparado con el comienzo de la estación. Las variaciones en la relación ALA/LA fueron directamente proporcionales al contenido de CLA en los lípidos de la leche de las ovejas. Estos resultados sugieren que las variaciones estacionales de las concentraciones de CLA en leche de ovejas están relacionadas a las variaciones estacionales del contenido de ALA en las pasturas. Clapham et al. (2005) estudiaron la composición en ácidos grasos de 13 forrajes con distintas velocidades de crecimiento. Las concentraciones de C18:3 oscilaron entre 7,0-38,4 mg g<sup>-1</sup>, las de C18:2 entre 2,0-10,3 mg g<sup>-1</sup> y las de C16:0 de 2,6-7,5 mg g<sup>-1</sup> en materia seca. Dichas concentraciones descienden a medida que la planta crece, pero, sin embargo, la contribución fraccional de cada ácido graso fue relativamente estable. Palladino et al. (2009) determinaron la composición en ácidos grasos y el valor nutricional de 12 cultivares de *Lolium perenne* L detectando grandes diferencias en materia seca, mayores concentraciones de C18:0 y C18:1 en cultivares diploides que, en los tetraploides, y en los cultivares "late-heading" más altas concentraciones de ácidos grasos totales, C16:0, LA y ALA. Mir et al. (2006) encontraron en *Orchardgrass*, *Perennial Rye Grass* y *Tall fescue* que el aporte lípido fue mayor al comienzo de la primavera y empezó a declinar a fines de abril. Van Ranst et al. (2009) estudiaron la composición en ácidos grasos de *Perennial rye grass*, *Red clover* y *White clover* en tres cortes (abril, Julio y octubre). La FA composición fue muy afectada por la fecha del corte y la especie. *Perennial ryegrass* presentó menos C16:1, C18:0, C18:1 y C18:2 que *Red* y *White Clover* pero las diferencias entre *Red* y *White Clover* fueron mínimas. Witkowska et al. (2008) hallaron una relación positiva entre la concentración de ácidos grasos y la etapa de crecimiento. La concentración de ácidos grasos fue de 32 a 53% más alta en primavera que en verano y 18 a 25% más alta en otoño que en verano. El contenido de lípidos de las hojas de pasturas de climas templado osciló entre 30-100 g Kg<sup>-1</sup> de materia seca y las más altas concentraciones ocurrieron en primavera. Phillips et al. (2020) estudiaron el efecto del pastoreo sobre raigrás y trigo. La composición del forraje cambió a lo largo del periodo de pastoreo. Las concentraciones de ALA disminuyeron y las de LA y C16:0 aumentaron. Los grandes cambios que ocurren sugieren que la especie del forraje tiene la mayor influencia. La concentración de ALA es mayor en pasturas que en legumbres. Los lípidos se acumulan en los cloroplastos de las hojas, y un alto porcentaje de hojas en la dieta puede llevar a un mayor porcentaje de ALA (Farrugia et al, 2014). Los forrajes contienen alrededor de 2% de lípidos (MS) en su gran mayoría como galactosildigliceridos y fosfolípidos, con pequeñas cantidades de tri y diglicéridos. Ellos son sometidos en el rumen a un proceso de lipólisis realizado por bacterias predominantemente

por *Anaerobibrio lipolytica* que hidroliza mayormente los triglicéridos y *Butyrivibrio* ssp responsable por la hidrólisis de fosfo y galactolípidos, y también por otras lipasas presentes en el material fresco de las plantas. La biohidrogenación de los ácidos grasos liberados por lipólisis son hidrogenados por bacterias isomerasas seguidos por acción de reductasas. Un estudio reciente demuestra que los PUFAs esterificados a lípidos más complejos como los fosfolípidos y ésteres del colesterol, muy abundantes en los forrajes, son menos biohidrogenados que los presentes en los triglicéridos de semillas (Lashkari et al. 2020). La utilización de los FAs a partir de pasturas es también determinada por su composición pues hay compuestos secundarios que pueden afectar la lipólisis y la utilización del rumen de los FAs derivados de las plantas, como la presencia de la polifenol oxidasa en el *Rye clover* que protege los lípidos de la lipólisis en el rumen (Lee et al. 2009). El ensilado afectó en distinta forma la composición en ácidos grasos y el metabolismo lípido de *Perennial ryegrass*, *red clover* y *white clover* en 3 fechas de corte. *Perennial ryegrass* presentó menos C16:1, C18:0, C18:1 y C18:2 mientras que las diferencias entre *White* y *Red clover* fueron muy pequeñas (Van Ranst et al. 2009).

### 3. Polifenoles

Los polifenoles son una amplia gama de metabolitos secundarios de las plantas que pueden variar desde simples fenoles (ej. ácido gálico), a dímeros u oligómeros compuestos (ej. procianidinas), a polímeros compuestos de alto peso molecular como los taninos. Se los clasifica como flavonoides, el grupo más común, y no flavonoides. Los polifenoles han sido estudiados en plantas por su actividad antioxidante y sus efectos promotores de la salud en humanos y en producción y nutrición animal. La presencia de polifenoles en las dietas de animales en pastoreo es ampliamente conocida. Fraisse et al. (2007) estudiaron fracciones de ácidos fenólicos, flavonoides y fenoles totales, en tres niveles de crecimiento, de 43 especies botánicas de pasturas y detectaron alrededor de 170 compuestos fenólicos. Los polifenoles interactúan con la microbiota ruminal, afectando la fermentación de los carbohidratos, la degradación de las proteínas y el metabolismo lípido. Los polifenoles pueden disminuir o modular la biohidrogenación de los PUFAs por una perturbación de la microbiota ruminal. Datos actuales indican un efecto depresivo de los polifenoles en las bacterias fibrolíticas gran positivo y los protozoarios ciliados, lo que conduce a una reducción de los ácidos grasos volátiles (Vasta et al. 2019). Kuppusamy et al. (2018) cuantificaron los indicadores fenólicos y flavonoides más importantes en *Lolium multiflorum*. Dabbou et al. (2018) estudiaron el efecto de 400, 800 y 1200 mg de flavonoides extraídos de alfalfa sobre los niveles de malonaldehído en carne de conejos. Los niveles de malonaldehído fueron afectados de acuerdo a los niveles de flavonoides. Las flavonas tricina y el glucósido apigenina son los flavonoides biológicamente más activos de la alfalfa (Rafinska et al. 2017). El raigrás contiene muchos compuestos fenólicos, tales como los ácidos fenólicos gálico y salicílico, taninos, flavonoides, alfa-tocoferol, xantonas y antocianidinas. Los compuestos fenólicos en raigrás actúan como antioxidantes naturales, antiinflamatorios y agentes con propiedades antisépticas que aumentan la estabilidad oxidativa y atributos de calidad como el valor nutricional, flavor y color. Vasta et al. (2009) indican que los taninos de los forrajes frescos mejoran la estabilidad del color en carne de corderos.

La suplementación con polifenoles es una nueva estrategia para mejorar la calidad del ganado previniendo el deterioro de lípidos y proteínas y que pueden ser obtenidos a partir de diversas fuentes (Cimmino et al. 2018). La suplementación de 60 mg /kg de extractos de flavonoides de alfalfa puede alterar la composición de la leche, regular la composición microbiana del rumen, mejorar las propiedades antioxidantes al aumentar la actividad enzimática, y afectar la inmunidad al alterar la proporción de linfocitos y granulocitos neutrófilos en vacas lecheras (Zan et al., 2017). La inclusión de extracto de flavonoides de alfalfa altera la composición microbiana del rumen (Zan et al. 2017). Jing et al. (2015) optimizaron la extracción de flavonoides y otros compuestos antioxidantes de alfalfa. Numerosos estudios indican que la alfalfa tiene propiedades inmunoestimulantes, antioxidantes, farmacológicas y antidiabéticas. Mangle et al. (2018) encontraron que el agregado de hierbas forrajeras, como la achicoria, a la dieta de vacas lecheras producían leches con más altos niveles de PUFAs n-3. Foito et al. (2017) determinaron los niveles de 25 metabolitos polares en una población de *Lolium perenne*. Wrona et al. (2019) extrajeron y determinaron, empleando técnicas supercríticas, en alfalfa (*Medicago sativa* L.) componentes fenólicos, saponinas, aminoácidos esenciales, clorofilas, vitaminas (A, E, C, B1, B2, B6 y B12),  $\beta$ -caroteno y minerales (Mg, Ca, Cu, Zn, Fe, Mn y P).

#### 4. Taninos

Ciertos estudios *in vitro* (Vasta et al., 2009) han indicado que los taninos son capaces de interferir el metabolismo de los FAs en el rumen, específicamente en la saturación de trans-11 C18:1. Este isómero actúa como un precursor para la síntesis endógena del cis-9, trans-11 en el tejido corporal de rumiantes y humanos a través de la  $\Delta 9$  desaturación. Otros investigadores sugirieron una inhibición general del proceso de biohidrogenación ruminal (BH) que lleva a la acumulación de FAs insaturados LA y ALA. A esto se suma la gran variación en el contenido y actividad de diferentes taninos (Buccioni et al. 2011). La mayoría de los estudios han usado extractos comerciales de taninos y sería de interés encontrar un forraje conteniendo esos compuestos fenólicos. Existe aún cierta controversia acerca de la habilidad de los taninos para modular la BH ruminal de los Fas, para mejorar el perfil lipídico de carne o leche sin conferir una respuesta negativa en la utilización de la dieta (Toral et al. 2016). Aparentemente los taninos condensados inhiben la biohidrogenación y los taninos hidrolizados tienen un efecto modulador (Vasta et al. 2019). Sain foin (*Onobrichys viciifolia*) tiene un contenido interesante de taninos, pero no se conoce su impacto en la BH ruminal. Toral et al. (2016) han realizado un estudio para comparar *in vitro* los efectos de heno de alfalfa (5 g/Kg MS) con heno de sainfoin (35 g /kg MS) sobre la BH de los ácidos grasos insaturados y en la fermentación ruminal con resultados no concluyentes. Frutos et al. (2020) sugieren que si bien los taninos pueden modular la composición en ácidos grasos de la carne y de la leche promoviendo el efecto potencial de los mismos hay respuestas conflictivas y ello puede deberse al tipo de tanino y las dosis, así como interacciones con otros componentes de la dieta. Sin embargo, hay estudios que encuentran más LA, ALA, VA e isómeros conjugados de LA y ALA en carne y leche por efecto del consumo de taninos. Mannelli et al. 2019 han encontrado efectos de extractos de tanino, vescalagina y ácido gálico sobre la comunidad microbiana en ensayos *in vitro*. Costa et al. (2018) estudiaron los efectos de taninos condensados y taninos hidrolizados con énfasis en la BH ruminal encontrando efectos inhibitorios por acción de los taninos. Ramirez-Retrepo y Barry (2005) encontraron valores muy dispares en el contenido de taninos condensados en las diversas pasturas. *Lolium perenne* (1,8 g/kg/MS), *Lotus corniculatus* (47 g/kg/MS), *Lotus pedunculatus* (77 g/kg/MS), *Trifolium repens* (3,1 g/kg/MS), *Trifolium pratense* (1,7 g/kg/MS), *Medicago sativa* (0,5/kg/MS), *Chicorium intybus* (4,2g/kg/MS) y *Plantago lanceolata* (14g/kg/MS).

#### 5. CLA

Los CLAs constituyen un grupo de isómeros posicional y geométricos de los ácidos linoleico y linolénico con dobles bandas conjugadas que pueden reducir aterosclerosis, diabetes y cáncer en animales de laboratorio. El mayor isómero de CLA es el cis-9, trans-11 (RA) que representa el 80-90% del total de CLA seguido por el trans-10 trans-12 cis que parece reducir la masa corporal y aumentar la masa magra, aunque los mecanismos aún no se conocen. Los estudios han demostrado que muchas actividades de los CLAs resultan de la interacción entre ambos isómeros. Los CLAs provienen de dos fuentes: por una biohidrogenación en el rumen a partir del trans-11 C18:1 y otra por actividad de la enzima delta 9 desaturasa en tejidos animales. CLA es un grupo de isómeros posicionales y geométricos con dobles bandas conjugadas. El mayor isómero CLA es el cis-9, trans-11 (RA) que representa el 80-90% de los total CLA seguido por el trans-10, cis-12. Diversos estudios han demostrado que muchas actividades de los CLA resultan de la interacción entre ambos isómeros. Los CLAs ruminales provienen de dos fuentes: una por la biohidrogenación en el rumen y la otra por la síntesis a partir de trans-11 C18:1 (VA) por la actividad de la enzima  $\Delta 9$  desaturasa en tejidos animales. Almeida et al. (2015) han informado que mezclas comerciales, 30% de cada isómero y 27,4%, de ambos isómeros, no alteran la composición corporal, inducen resistencia a la insulina y aumentan los niveles de HDL-colesterol en ratas.

La biohidrogenación ruminal de ácidos grasos con más de 20 átomos de carbono debe ser elucidada pues la respuesta del animal a las bacterias ruminales y es dependiente de la especie. Los efectos saludables de los CLA en humanos no están aún bien elucidados (Ferlay et al. 2017). Della Casa et al. (2016) estudiaron el efecto de dos isómeros CLA cis-9, trans-11 y trans-10, cis-12 en el perfil proteómico en hígado, tejido adiposo y músculo de ratones. Ambos isómeros parecen modular el perfil proteómico de distinta manera: el trans-10,

cis-12 altera la expresión de las proteínas hipogénicas, reduce el tejido adiposo y aumenta la oxidación en el músculo. El isómero cis-9, trans-11 no tiene efectos relevantes en hígado ni en el tejido adiposo, pero actúa mayormente en músculo incrementando la diferenciación celular. Maslak et al. (2015) sostienen que ambos isómeros CLA previenen el exceso de reservas de glucógeno en hígado e inhiben la expresión de genes hipogénicos inducidos por dietas con altos niveles de fructosa. La fructosa aumenta las reservas de glucógeno en hígado y ambos isómeros despliegan actividades hepato protectoras. La acción hipolipídica del isómero trans-10, cis-12 es más pronunciada que la del isómero cis-9, trans-11.

## 6. Efecto de las pasturas en lípidos cárnicos

Existe poca información acerca del efecto de las diferentes pasturas y forrajes sobre los lípidos presentes en carnes de rumiantes, pero existe un número importante de estudios que comparan dietas en base a grano con dietas pastoriles (García et al. 2008a, 2008b, 2011, 2012). Aumentos en las concentraciones de PUFAs n-3 y CLA, así como una menor relación PUFAs n-6/n-3 en carne de animales con dietas pastoriles vs dietas en base a grano son ampliamente aceptadas. Kronberg et al. (2019) destacan que en EEUU el consumo “Grass-beef” es considerado más conveniente para la salud y para el ambiente que el “Grain-beef”. Alfalfa fresca (AF), alfalfa como silage (AS) o alfalfa deshidratada (AD) aumentaron C18:3 n-3 y CLA, y disminuyeron los SFAs en *Longissimus dorsi* (LD) y grasa subcutánea (SB) de corderos comparado con un grupo control con paja de trigo: C18:3 aumento (0,21%,1,05%,1,14% y 1,26% para C, AF, AS y AD respectivamente; CLA (0,78%,2,90%,2,72%, 2,04% para C, AF, AS y AD respectivamente (Cifti et al. 2010). Provenza et al. (2019) encuentran que la dieta, grano o pasto, induce cambios en el metabolismo del ganado Angus. Bai et al. (2020) detectan una modulación de la función mitocondrial en respuesta a diferentes sistemas de alimentación en ganado Angus. Apaoblaza et al. (2020) indican que músculos a partir de dietas pastoriles o en base a grano difieren energéticamente. Lopez-Andres et al. (2014) midieron el status antioxidante en muestras de hígado y plasma de corderos, sometidos a una dieta pastoril (*Lolium perenne*) vs una dieta basada en concentrados. Si bien el *Lolium perenne* mejoro la capacidad antioxidante en hígado y plasma, ninguno de los compuestos fenólicos del *Lolium perenne* fueron detectados en los tejidos estudiados. Los mismos autores, Lopez-Andres et al. 2013, encontraron que la suplementación con taninos de quebracho mejora la capacidad antioxidante de hígado y plasma de ovejas y sugieren que ello ocurre por un efecto indirecto, probablemente por un estímulo al sistema antioxidante endógeno o por la regeneración de otros compuestos antioxidantes. Duckett et al (2009) encuentran, en carne bovina de animales producidos en sistemas pastoriles, tres veces más de  $\alpha$ -tocoferol y 1,5 veces más de  $\beta$ -caroteno. Duckett et al (2009) informan más Ca, K y Na en animales sobre pasturas, pero no detectan diferencias en Fe y Zn. Leheska et al. (2008) encuentran en animales en pastoreo el doble de riboflavina y el triple de tiamina, pero atribuyen las diferencias de minerales a los niveles en el suelo. Sales et al. (2019) informan menos  $\beta$ -caroteno en animales con grano que los animales sobre pasturas. Hwang et al. (2018) encuentran en el *Longissimus dorsi* de “Black goats” terminados con pellets de alfalfa o con pellets de concentrados comerciales, niveles más altos de C18:1 n-9 y menos PUFAs n-6 que en los animales terminados con alfalfa respecto al grupo que consumió pellets de concentrados. Bai et al. (2020) sugieren que las dietas a grano o a pasto podrían causar las diferencias en la expresión del mRNA de genes nucleares envueltos en la función mitocondrial y que se debería investigar más para entender mejor la relación entre la función mitocondrial, los mecanismos metabólicos y moleculares y la calidad de la carne bovina. Del Bosco et al. (2014) indican que dietas con alfalfa fresca incrementan en carne de conejo C18:0, ALA, EPA, DPA y DHA y total FA y disminuyen los PUFAs n-6 y la relación n-6/n-3. Pezzi et al. (2005) encuentran que dietas de alfalfa deshidratada aumentan el contenido de PUFAs en músculos de ganado Marchigiana. Dietas muy ricas en PUFAs n-3 pueden tener efectos negativos en la síntesis de novo debido a que pueden afectar los genes FADS1 y FADS2. Sin embargo, dietas pobres en PUFAs n-3 pueden promover la desaturación de los FAs, lo cual hace que esos dos genes sean candidatos atractivos para alterar los PUFAs en carnes (Dervishi et al. (2019). Espinosa et al. (2018) detectaron cierta actividad antiparasitaria en *Chicorium intybus*. Carne de pollos con acceso a pasturas presentaron mayor contenido de carotenoides, tocoferoles y flavonoides comparada con la proveniente de dietas con base a granos. Las pasturas aumentaron los PUFAs n-3 y disminuyeron la relación n-6/n-3 (Del Bosco et al. (2016).

## 7. Efecto de las pasturas en los lípidos lácteos

Hennessy et al (2020) destacaron el aumento de la producción de leche pastoril en Europa comparada con la producida en sistemas “indoor feeding”. Benbrook et al. (2018) analizaron 1163 muestras de leche recogidas durante 3 años comparando leches producidas con dietas totalmente pastoriles P, leches de sistemas orgánicos O y leches convencionales C. La relación n-6/n-3 fue 0,95, 2,28 y 5,77 para las leches P, O, C respectivamente. Bainbridge et al. (2016) detectaron (g/100g de grasa) en leche de vacas pastando con *Pearl Millet* (PM) valores superiores de SFAs (63,0 vs 59,5) y de ácidos grasos ramificados (3,12 vs 2,86), menores de CLA (1,67 vs 2,11) y de PUFAs n-3 (0,59 vs 1,06) que pastando con una pastura de invierno. Vlaeminck et al. (2006) identificaron los ácidos grasos impares y ramificaron en leche y destacaron su importancia como indicadores del funcionamiento ruminal, sus efectos anti carcinogénicos sobre células cancerígenas, sus efectos en el punto de fusión de la grasa láctea y su potencial como indicadores en humanos de la ingesta de productos lácteos. Su concentración aumenta con dietas en base a forraje con un mayor efecto en iso C14:0 e iso C15:0. El reemplazo de silabe de pasturas por silage de maíz disminuye iso C14:0 y iso C16:0 e incrementan C17:0 y cis 9 C17:1. Toral et al. (2020) estudiaron los efectos de la dieta sobre el contenido de ácidos grasos impares y ramificados (OBCFA) en leche ovina en 14 ensayos. Hay un interés creciente en los FA impares y ramificados en la leche dado que ciertos estudios indican que ciertos OBCFA tiene efectos saludables y también pueden ser útiles como indicadores del funcionamiento ruminal. Davis et al. (2020) compararon leches de supermercado y orgánicas con leches 100% pastoriles (PFLA) recolectadas durante abril, julio y octubre del 2017 en el Reino Unido. Las leches PFLA tenían 94% más CLA y 92% más omega 3 que las leches de supermercado. Las concentraciones de C16:0 y C18:2 y la relación n-6/n-3 fueron más altas en la leche de supermercado. La leche PFLA tenía más ALA (39%), más CLA (30%), menos Omega 6 (36%) y una menor relación n-6/n-3 (44%) que la leche orgánica. Lourenco et al. (2008) sostienen que alimentar vacas con una dieta compuesta por diversos forrajes aumenta la proporción de PUFAs y de CLAs comparada con una compuesta solo con *Ryegrass*. Postulan que el uso de diversas pasturas aumenta la producción de VA y de ALA debido a cambios en la fermentación ruminal. Las distintas especies botánicas están asociadas a cambios en la población microbiana del rumen la cual parece inhibir la biohidrogenación de LA y ALA. Por ello la conversión de VA en esteárico es la más sensible a la inhibición, resultando en una acumulación de VA en el rumen. El VA puede fácilmente dejar el rumen y ser absorbido por el intestino para ser transformado a RA en la glándula mamaria. Empleando datos de 29 experimentos publicados con vacas Holstein y 120 tratamientos Moate et al. (2007) encontraron sustanciales diferencias entre leche producida en una dieta sobre pasturas vs una dieta con dietas mixtas (TMD). Total, FAs, total FAs de novo, total C16:0 y total preformados FAs fueron numéricamente pero no estadísticamente más altos en la leche exclusivamente pastoril, Los ácidos impares C15:0, C17:0 y trans C18:1 fueron más altos en leches pastoriles. La leche proveniente de TMR tenían menor contenido de SFA y un alto contenido de PUFAs. Pasturas o la inclusión de pasturas frescas en la dieta bajo la relación n-6/n-3 y el contenido de MUFA, PUFA n-3 y sus isómeros producen una leche rica en micronutrientes y con un menor índice trombogénico que la producida con TMR. O’Callaghan et al. (2016) evaluaron el efecto de tres dietas a través de toda la lactación: Convencional (TMD), *Lolium perenne* (LP) y *Lolium perenne/trifolium repens* LP/TR. Los valores de RA fueron de 0,51 (TMD), 0,99 (LP) y 1,07 (LP/TR) g/100g de leche. Coppa et al. (2015) autenticaron utilizando datos de 1248 muestras de leche de 10 países de Europa el sistema de alimentación y la altitud vía la composición en ácidos grasos. Radonjic et al. (2019) destacan la influencia de tres fases fenológicas, vegetativa temprana, vegetativa final y la reproductiva, en la composición de los lípidos lácteos. El porcentaje de grasa fue similar en las tres fases, el contenido de SFA aumenta con la madurez de la pastura, pero los MUFA disminuyen y los PUFA no cambian. La tercera fase altera notablemente en contenido en FA, el mayor aumento de SFAs, MUFAs y PUFAs se produce en la 2da fase. Samkova et al. (2018) consideran que raza, fase de la lactación y variación individual de las vacas son los factores más estudiados en combinación con otros factores. Muchos autores consideran si bien la composición botánica de la pastura es el factor clave hay otros factores como el manejo del pastoreo y fase fenológica de la pastura (Glaser et al. 2013; Coppa et al. 2013). El aumento de CLA en leche obtenido en sistemas pastoriles se debe a su mayor contenido en LA y ALA, con valores más altos en el primer corte particularmente alrededor de la floración. Li et al. (2020) detectaron que variaciones en las proporciones de forraje en vacas lactantes afectaban el pH y la fermentación ruminal. Mangwe et al. (2018) encontraron que el agregado de forraje de achicoria incremento los porcentajes de PUFAs n-3 en leche de vacas pastando en *White Ryegrass*.

Según Alothman et al. (2019) es necesario reconocer el impacto de las dietas pastoriles en la composición y la calidad de la leche.

### Conclusiones

Los efectos positivos de las pasturas y forrajes sobre la composición de los ácidos grasos de carnes y leche de rumiantes, así como sobre el aporte de productos de la biohidrogenación ruminal (CLAs) han generado numerosas investigaciones por parte del sector de la producción primaria de carnes y leche de rumiantes. Ya que el empleo de forrajes contribuye al valor nutritivo de los mismos y puede a su vez reducir costos, los efectos en el proceso de biohidrogenación de distintos componentes de los forrajes y pasturas como polifenoles, taninos, etc. necesitan ser más explorados.

### BIBLIOGRAFÍA

- Almeida MM, Oliveira de Souza Y, Potente SC, et al. (2015) Cis-9, trans-11 and trans-10, cis-12 CLA mixture does not change body composition, induce cholesterol level in rats. *J. Oleo Sci* 64 (5): 539-551.
- Alothman M, Hogan SA, Hennessy D, et al. (2019) *The Grassfed Milk Story: Understanding the impact of pasture feeding on the quality of bovine milk.* *Foods* 8:350.
- Apoablaza A, Gerrad SD, Matarnek SK, et al. (2020) Muscle from grass- and grain-fed cattle differs energetically. *Meat Science* 161: 310-317.
- Bai Y, Carrillo JA, Yarkon L, et al. (2020) Diet induced the change of mt DNA copy number and metabolism in Angus cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 11:84 doi.org/10.1186/s40104-020-00482-x.
- Bainbridge ML, Egoif E, Barlow JW, et al. (2016) Milk bioactive fatty acids decrease in cows grazing pearl millet versus a cool season pasture. *J. Ani Sci* 94:637-638.
- Barcelo-Coblijn & Murphy, E.J. (2009). Alpha linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids: benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acid levels. *Progress Lipid Research* 48:355-374.
- Belanger G, McQueen RE (1996). Digestibility and cell wall concentration of early- and late-maturing timothy (*Phelum pratense* L.) cultivars. *Canadian Journal Plant Science* 76: 107-112.
- Benbrook CM, Davis DR, Heins B, et al. (2018) Enhancing the fatty acid profile of milk through forage-based rations, with nutrition modeling of diet outcomes. *Food Sci Nutr.* 6:681-700.
- Bora KS, Sharma A. (2011) Phytochemical and pharmacological potential of *Medicago sativa*: A review *Pharm. Biol.* 49:211-220.
- Boufaied H, Chouinard PY, Tremblay GF, Petit, Michaud R, Belanger B. (2003). Fatty acids in Forages. I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal Animal Science*: 83, 501-511.
- Boval M, Dixon RM (2012). The importance of grassland for animal production and other functions: and management and methodological progress in the tropics. *Animal* 6:748-762.
- Brenner RR (1999). Factors influencing fatty acid chain elongation and desaturation. In: Vergroesen, A.J. & Crawford, M. (Eds.) *The role of fat in human nutrition.* London. Academic Press.
- Buccioni A, Minieri S, Rapaccini M, et al. (2011). Effect of chestnut and quebracho tannins on fatty acid profile in rumen liquid- and solid- associated bacteria: An in vitro study. *Animal* 5:1521-1530.
- Cassar-Malek I, Baumont R, Teixeira I, et al. (2018) Herbivore nutrition supporting sustainable intensification and agro-ecological approaches. *Animal* 12: 5185-5187. doi:10.1017/s1751731118002690.
- Chiofalo B, Simonella S, Di Grigoli A, et al. (2010). Chemical and acidic composition of longissimus dorsi of Comisana lambs fed with trifolium subterraneum and Lolium multiflorum. *Small Ruminant Research* 88: 89-96.
- Ciftci M, Cerci IH, Kilinc V, et al. (2010). Effects of alfalfa (fresh, silage, hay) on the fatty acid and conjugated linoleic amounts in lamb muscles and fats. *Revue Med. Vet.* 161(10): 432-437.
- Cimmino R, Barone CMA, Claps S, et al. (2018). Effects of dietary supplementation with polyphenols on meat quality in Saanen goat kids. *Veterinary Research* 14:181 doi.org/10.1186/s12917-018-1513-1.



Clapham WH, Foster JG, Neel JPS, et al. (2005). *Fatty acid composition of traditional and novel forages*. *Journal Agricultural Food Chemistry* 53:10068-10073.

Coppa M, Chassaing C, Ferlay A, et al. (2015). *Potential of milk fatty acid composition to predict diet composition and authenticate feeding systems and altitude origin of European bulk milk*. *Journal of Dairy Science* 98(3): 1539-1551.

Costa M, Alves SP, Cappucci A, et al. (2018). *Effects of condensed and hydrolyzable tannin on rumen metabolism with emphasis on the biohydrogenation of unsaturated fatty acids*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66(13): 3367-3377.

Dabbou S, Gasco L, Rotolo L, et al. (2018). *Effects of dietary alfalfa flavonoids on the performance, meat quality and lipid oxidation of growing rabbits*. *Asian- Australasian Journal of Animal Sci* 31(2):270-277.

Davis H, Chatzidimitriou E, Leifert C, et al. (2020). *Evidence that forage-fed cows can enhance milk quality*. *Sustainability* 12,3688; doi:10.3390/su12093688.

Del Bosco A, Mugnsi C, Mattioli S, et al. (2016). *Transfer of bioactive compounds from pasture to meat in organic free-range chickens*. *Poultry Sci* 95:10 Doi: 10.3382/ps/pev383.

Del Bosco A, Mugnsi C, Roscini V, et al. (2014). *Effect of dietary alfalfa on the fatty acid composition and indexes of lipid metabolism in rabbit meat*. *Meat Science* 96(1):606-609).

Della Casa L, Rossi E, Romanelli C, et al. (2016). *Effect of diets supplemented with different conjugated linoleic acid (CLA) isomers on protein expression in C57/BLG mice*. *Genes & Nutrition* 11:26.

Dervishi E, Gonzalez-Calvo L, Blanco M, et al. (2019). *Gene expression and fatty acid profiling in longissimus thoracis muscle, subcutaneous fat, and liver of light lambs in response to concentrate or alfalfa grazing*. *Frontiers in genetics* doi:10.3389/fgene.2019.01070.

Dewhurst RJ, King PJ. (1998). *Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages*. *Grass Forage Science* 53: 219-224.

Dewhurst RJ, Delabi L, Moloney A, et al. (2009). *Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage*. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48: 167-168.

Dewhurst RJ, Moorby J M, Scollan ND, et al. (2002). *Effects of a stay-green trait on the concentrations and stability of fatty acids in perennial ryegrass*. *Grass and Forage Science* 57: 360-366.

Dewhurst RJ, Scollan ND, Youell J, et al. (2001). *Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses*. *Grass and Forage Science* 56:68-74

Dhanasekaran DK, Diaz-Silva TP, Abdalla Filho AL, et al. (2020). *Plants extract and bioactive compounds on rumen methanogenesis*. *Agroforestry Systems* 94:1541-1553.

Duckett SK, Neel JPS, Fontenot WM. (2009). *Effects of winter stocker growth rate and finishing systems on III Tissue proximate, fatty acid, vitamin and cholesterol content*. *J. Ani. Sci* 87: 2961-2970.

Englemaierova M, Skriban M, Vit T. (2019) *Czech Journal of Animal Science* 64:17-25.

Espinosa MP, Valente AH, Thamsborg SM, et al. (2018). *Antiparasitic activity of chicory (Cichorium inty bus) and its natural bioactive compounds in livestock: a review*. *Parasites & Vectors* 11, Article number: 475.

Falcone D, Ogas J, Somerville C. (2004). *Regulation of membrane fatty acid composition by temperature in mutants of arabidopsis with alterations in membrane lipid composition*. *BMC Plant Biology* 147: 145-152.

Farruggia A, Pomies D, Coppa M, et al. (2014). *Agriculture, Ecosystem & Environment* 85 231-244.

Ferlay A, Bernard L, Meyndier A, et al. (2017). *Production of trans and conjugated fatty acids in dairy ruminants and their putative effects on human health: a review*. *Biochimie* 141:107-120.

Foito A, Hackett CA, Stewart D, et al. (2017). *Quantitative trait loci associated with increased polar different polar metabolites in perennial rye-grass providing scope for breeding towards increased polar metabolites*. *BMC Genetics* 18:84. Doi: 10.1186/s12863-017-0552-0.

Fraisse D, Carnat A, Viala D, et al. (2007). *Polyphenolic composition of a permanent pasture variations related*

- to the period of harvesting. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87(137): 2427-2435.
- Frutos P, Hervás G, Natatello A, et al. (2020). Ability of tannins to modulate ruminal lipid metabolism and milk and meat fatty acid profile. *Animal Feed Science and Technology* 269 (2020)114623.
- García PT, Casal JJ, Fianuchi S, et al (2008a). Conjugated linolenic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids in muscle lipids of lamb from the Patagonian area of Argentina. *Meat Science* 79:541-548.
- García PT, Casal, JJ. (2012) Linoleic and alfa linolenic acids content in pork, beef and lamb lipids Chapter 1 in *linoleic acids biochemical properties and health effects*. Nova publishers ISBN 978-1-62257-399-8.
- García PT, Pensel NA, Sancho AM, et al. (2008b). Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. *Meat Science* 79:500-508.
- García PT, Pordomingo A, Pérez CA, et al. (2015). Influence of cutting and season on the fatty acid composition of forage crops for grazing forage beef production. *Journal Forage Science* <http://doi.org/10.1111/gfs.12167>.
- García PT. (2011). Metabolismo of alfa-linolenic acid (ALA) in meat animals. In *Soybean and Nutrition*. Editor: Hany A.-El-Shemy. ISBN 978-953-307-536-5. [www.intechopen.com/download/pdf/19989](http://www.intechopen.com/download/pdf/19989).
- Gilliland TJ, Barrett PD, Mann RL, et al. (2002). Canopy morphology and nutritional quality traits as potential grazing value indicators for *Lolium perenne* varieties. *Journal of Agricultural Science* 139: 257-273.
- Glasser F, Doreau M, Maxin G, et al. (2013). Fat and fatty acid content and composition of forages: A meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology* 185 (1-2):19-34.
- Goossen CP. (2018). Management factors influence on the fatty acid content and composition of forages. Dissertation U. Vermont.
- Hennessy D, Delaby L, Van den Pol-van Dassel A, et al. (2020). Increasing grazing in dairy milk production systems in Europe 12,2443; doi:10.3390/su12062443.
- Hwang YH, Bakhsh A, Ismaili I, et al. (2018). Effects of intensive alfalfa feeding on meat quality and fatty acid profile of Korean Native Black Goats. *Korean J. Food Anim. Resour* 38(5): 1092-1100.
- Jing CL, Dong XF, Tong JM (2015). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of flavonol compounds and antioxidants from alfalfa using response Surface Method. *Molecules* 20:15550-15571.
- Kronberg SL, Gregorini P. (2019). Is grass fed meat and dairy better for human and environment health? *Front. Nutr.* 6:26.
- Kuhnt K, Degan C, Jahreis G. (2016). Evaluation of the impact of ruminant trans fatty acids on human health: Important aspects to consider. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56(12): 1964-1980.
- Kuiper PJC. (1970). Lipids in alfalfa in relation to cold hardiness. *Plant Physiology*, 45: 684-686.
- Kuppusamy P, Lee KD, Song CE, et al. (2018). Quantification of major phenolic and flavonoid markers in forage crop *Lolium multiflorum* using HPLC-DAD. *Brasilian Journal of Pharmacognosy* 28:282-288.
- Lashkari S, Petersen BM, Krogh Jensen S. (2020). Rumen biohydrogenation of linoleic and linolenic acids is reduced when esterified to phospholipids or steroids. *Food Science Nutrition* 8(1): 79-87.
- Lee MR, Parfitt LJ, Scollan ND, et al. (2007). Lipolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities in the presence and absence of rumen fluid. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 1308-1314.
- Lee MR, Tweed J, Minchin F, et al. (2009). Red clover polyphenol oxidase. Activation activity and efficacy under grazing. *Anim. Feed Sci Technology* 149 (3-4): 250-264.
- Leheska JM, Thompson LD, Howe JC, et al. (2008). Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef. *J. Animal Sci* 86(12):3575-85.
- Li C, Beauchemin KA, Wang W. (2020). Feeding diets varying in forage proportion and particle length to lactating dairy cows: Effects on ruminal pH and fermentation, microbial protein synthesis, digestibility, and milk production.
- Lopez-Andres P, Luciano G, Vasta V, et al. (2013). Dietary quebracho tannins are not absorbed, but increase

- the antioxidant capacity of liver and plasma in sheep. British Journal of Nutrition 110:632-639.*
- Lopez-Andres P, Luciano G, Vasta V, et al. (2014). *Antioxidant effects of ryegrass phenolics in lamb liver and plasma. Animal 8(1): 51-57.*
- Lourenço M, Van Ranst G, Vlaeminck B, et al. (2008). *Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digest as well as ruminant meat and milk. Animal Feed Science and Technology 145: 418-435.*
- Mangwe MC, Bryant RH, Beck MR, et al. (2018). *Grazed chicoria, plantain or ryegrass-white clover alters milk yield and fatty acid components of late-lactating cows. Animal Production Science doi:10.1071/an18537.*
- Mannelli F, Daghighi M, Alves SP, et al. (2019). *Effects of chestnut tannin extract, vescalagin and gallic acid on the dimethyl acetals profile and microbial community composition in rumen liquor: an in vitro study. Microorganisms 7, 202.*
- Maslak E, Buczek E, Szumni A, et al. (2015). *Individual CLA isomers, cis 9,trans 11 and trans10,cis 12, prevent excess liver glycogen storage and inhibit lipogenic genes expression induced by high-fructose diets in rats. Biomed Research International men 2015, article ID 535982,10 pages.*
- Mel'uchova B, Blasko J, Kubinec R, et al.(2008). *Seasonal variations in fatty acid composition of pasture forage plants and CLA content in ewe milk fat. Small Ruminant Research 78: 56-65.*
- Mir PS, Bittman S, Hunt D, et al. (2006). *Lipid content and fatty acid composition of grasses sampled in different dates through the early part of the growing season. The Canadian Veterinary Journal 86: 279-280.*
- Moate PJ, Chalupa W, Boston RC, et al. (2007). *Milk fatty acid. I. Variation in the concentration of individual fatty acids in bovine milk. J. Dairy Sci 90(10):4730-39.*
- Moghadasian MH. (2008). *Advances in dietary enrichment with n-3 fatty acids, Critical Reviews in Food Science and Nutrition 48:402-410.*
- Mwangi FW, Charmley E, Gardiner CP, et al. (2019). *Diet and genetic influence on beef cattle performance and meat quality characteristics. Foods 8 (12): 648.*
- Noci F, French P, Monahan FJ, Moloney AP. (2007). *The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates. Journal Animal Science 85:1062-1073.*
- O'Callaghan TF, Hennessy D, McAuliffe S, et al. (2016). *Effect of pasture versus indoor feeding systems on raw milk composition and quality over an entire lactation. J. Dairy Science 99:9424-9440.*
- Palladino RA, O'Donovan M, Kennedy E, et al. (2009). *Fatty acid composition and nutritive value of twelve cultivars of perennial ryegrass. Grass and Forage Science 64(2):219-226.*
- Pezzi P, Martino G, Simone et al. (2005). *Feeding dehydrated alfalfa increases polyunsaturated fatty acid concentration in Marchigiana beef muscle. Ital. J. Animal Sci 4(2):269-271.*
- Phillips HN, Heins BJ, Delate K, et al. Fatty (2020). *Fatty acid composition dynamics of Rye (Secale cereale L.) and wheat (Triticum aestivum L.) forages under cattle grazing. Agronomy 2020,10,813; doi:10.3390/agronomy10060813.*
- Provenza FD, Kronberg SL, Gregorini P. (2020). *Grassfed meat and dairy better for human and environmental health? Front. Nutr.6:26.*
- Radonjic D, Djordjevic N, Markovic B, et al. (2019). *Effect of phenological phase of dry grazing pasture on fatty acid composition of cows milk. Chilean Journal of Agricultural Research 72(2) doi.org/10.4067/50718-58392019000200278.*
- Rafinska K, Pomastowski P, Wrona O, et al. (2017). *Medicago sativa as a source of secondary metabolites for agriculture and pharmaceutical industry. Phytochem Lett 20:520-539.*
- Ramirez -Restrejo CA, Barry TN. (2005). *Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in growing ruminants. Animal Feed and Technology 120:179-201.*

- Rodríguez-Alcala LM, Castro-Gomez MP, Pimentel L, et al. (2017). Milk fat components with potential anticancer activity – a review. *Bioscience Reports* 37 BSR201707705.
- Russo GL. (2009). Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochemical Pharmacology* 77: 937-946.
- Sales F, Bravo-Lamas L, Realini CE, et al. (2019). Grain supplementation of calves as an alternative beef production system to pasture finishing-steers in Chilean Patagonia: meat quality and fatty acid composition. *Transl. Anim. Sci* 4(1):352-362.
- Samkova E, Koubova J, Hasonova I, et al. (2018) Joint effects of breed, parity, month of lactation, and cow individuality on the milk fatty acid composition. *Mljekarstvo* 68(2): 98-107.
- Silva Cardoso A, Pavessi Rondinelli B, Prates Romanzini E, et al. (2020). Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in *Brachiaria* Grasslands. *Sustainability* 2020, 12,6656; doi:10.3390/su 12166656.
- Simopoulos AP. (2008). The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. Doi 10.3181/0711-MR-311.
- Toral PG, Hervas G, Della Badia A, et al (2020). Effect of dietary lipids and other nutrients on milk odd-and branched-chain fatty acids composition in dairy ewes. *Journal of Dairy Science* doi:/10.3168/jds.2020-18580.
- Toral PG, Hervas G, Missaoui H, et al. (2016). Effects of a tannin-rich legume (*Onobrychis viciifolia*) on in vitro ruminal biohydrogenation and fermentation. *Spanish Journal of Agricultural Research* 14(1): e0602, 9 pages.
- Toral PG, Monahan FJ, Hervas G, et al. (2018). Review. Modulating ruminal lipid metabolism to improve the fatty acid composition of meat and milk. *Challenges and opportunities. Animal* (2018) 12:52: s272-s281.
- Van Ranst G, Fievez V, Vandewalle M, et al. (2009). Influence of herbage species, cultivar and cutting date on fatty acid composition herbage and lipid metabolism during ensiling. *Grass and Forage Science* doi.org/10.1111/j.1365-2494.2009.00686.x
- Van Ranst G, Lee MRF, Fievez V. (2010). Red clover polyphenol oxidase and lipid metabolism, *Animal*. Doi:10.1017/S1751731110002028.
- Vasta V, Daglio M, Capucci A, et al. (2019). Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. *J. Dairy Sci* 102(5):3781-3804.
- Vasta V, Luciano G, (2011). The effects of dietary consumption of plant secondary compounds on small ruminants products quality. *Small Ruminant Research* 101:1-3.
- Vasta V, Priolo A, Scerra M, et al. (2009).  $\Delta 9$  desaturase protein expression and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle in lamb fed green herbage or concentrate with or without added tannins. *Meat Science* 82: 357-364.
- Veiga M, Botana A, Resch C, et al. (2016). Annual clovers performance in a dairy cows grazing systems compared two perennial ryegrass. *Ecosystem services and socio-economic benefits of Mediterranean grassland. Zaragoza: CIHEM*, 2016:173-176.
- Vlaeaemich B, Fievez V, Cabrita ARJ, et al. (2006). Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. [https:// doi.org/10.1016/anifeedsci.2006.06.017](https://doi.org/10.1016/anifeedsci.2006.06.017).
- Vlaeminck B, Fievez V, Cabrita ARJ, et al. (2006). Factors affecting odd-and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Animal Science and Technology* 131: 389-417.
- WHO International Agency for Research on Cancer Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. Lyon France No 240; 2015.
- Witkowska IM, Waver C, Gort G, et al. (2008). Effects of nitrogen rate and regrowth on perennial ryegrass fatty acids content during the growing season. *Agronomy Journal* 100(5): 1371-1379.
- Woo-Ming A, Arsi K, Moyle JR, et al. (2018). Meat quality characteristics of fat-growing broilers reared under

*different types of pasture management: Implications for organic and alternative production systems (Part II). Journal of Applied Poultry Research 27(2):215-222.*

*Wrona O, Rafinska K, Walczak J, et al. (2019). Extraction and determination of polar bioactive compounds from alfalfa using supercritical techniques. Molecules 24(24), 4608. doi.org/10.3390/molecules 24244608.*

*Zan J, Liu M, Su X, et al. (2017). Effects of alfalfa flavonoids on the production, performance, immune system, and ruminal fermentation of dairy cows. Asian Australian J. Anim. Sci 30 (10):1416-1424.*