

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CONTROL NUTRICIONAL DEL CONTENIDO DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO (CLA) EN LECHE Y SU PRESENCIA EN ALIMENTOS NATURALES FUNCIONALES.

3. Producción de leche alto CLA a través de la suplementación estratégica de la cabra.

Nutritional control of conjugated linoleic acid (CLA) content in milk and in natural functional foods. 3. Production of CLA- enriched milk by the strategic supplementation of the goat.

GAGLIOSTRO¹, G.A.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Balcarce

RESUMEN

La composición en ácidos grasos de la leche de cabra y por lo tanto su calidad nutricional es rápidamente modificable a través de la suplementación estratégica con ácidos grasos insaturados. Ello permite lograr productos enriquecidos en ácido linoleico conjugado (utilizando aceites de girasol linoleico y aceite de lino) y ácidos grasos ω -3 (con aceite de lino). El índice de aterogenicidad de la leche disminuye ante la suplementación con ambos aceites y la relación entre los ácidos ω -6/ ω -3 resulta disminuida sólo con el aceite de lino. Las modificaciones inducidas en la leche permanecen en los derivados lácteos resultando a la vez persistentes en el tiempo. Ello permite lograr estabilidad a mediano plazo en la obtención de un producto diferenciado una vez ajustado en manejo nutricional del rodeo. Estas modificaciones en la composición de la leche aportan propiedades preventivas sobre las enfermedades cardio vasculares, el cáncer y otros síndromes metabólicos patológicos en el ser humano. El suministro de aceites libres de lino o girasol resulta más efectivo que una cantidad equivalente de aceite contenido en el grano oleaginoso. El tipo de forraje (fresco o henificado) parece tener en la cabra poco efecto sobre los valores basales de CLA en leche. Este resultado puede permitir al productor independizarse de una alimentación puramente pastoril y trabajar con forraje henificado como base de alimentación de las cabras a fines de lograr leches alto CLA. Los resultados presentados demuestran con claridad el enorme impacto que el manejo nutricional de la cabra tiene sobre la composición en ácidos grasos de la leche producida y por lo tanto sobre sus propiedades saludables sobre la salud humana.

Palabras clave: leche de cabra, ácido linoleico conjugado, ácidos omega 3, alimentos funcionales.

Recibido: 11 de mayo de 2004

Aceptado: 14 de febrero de 2005

1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Balcarce. Area de Producción Animal. C.C. 276 (7620). Balcarce. Argentina. E-mail: ggagliostro@balcarce.inta.gov.ar

SUMMARY

Milk fatty acid composition and the nutritional quality of goat milk may be easily modified by the strategic supplementation with polyunsaturated fatty acids. This fact allows to obtain milk products enriched in conjugated linoleic acid (CLA) (using sunflower and linseed oil) and ω -3 fatty acids (using linseed oil). Sunflower and linseed oils both decrease the atherogenicity index of the milk but only linseed oil decrease the ω -6/ ω -3 ratio. The changes in milk fat composition (CLA content) are stable over at least a 10 weeks period. The induced milk changes described may exert positive effects in prevention of cardiovascular diseases, cancer and other pathologic metabolic syndromes in humans. Feeding free linseed or sunflower oils is more effective than supplementing whole untreated oilseeds to the goats. Type of pasture, fresh or hay forage seems to have a low effect on basal milk CLA concentration. The result may allow to the farmer to obtain a high concentration of CLA in the milk even in the absence of fresh pasture. Results showed here clearly demonstrated that the strategic supplementation of the goat may be an useful tool to alter milk fatty acid profile in a way that enhance its qualitative aspects on human health.

Key words: goat milk, conjugated linoleic acid, omega-3 fatty acids, functional foods.

1. Introducción

La composición en ácidos grasos de la leche de cabra es uno de los parámetros que mayor influencia tienen sobre el valor nutritivo del producto. Dicha calidad es aún modificable a través de una alimentación estratégica de los animales tendiente a lograr productos con propiedades preventivas sobre las enfermedades cardio vasculares, el cáncer y otros síndromes metabólicos patológicos en el ser humano (Parte 1, Parodi, 1999; Sébédio, Gnadeig y Chardigni, 1999; Chilliard, Ferlay, Rouel y Lamberet, 2003).

Puesto que en el área de influencia de la Unidad Integrada Balcarce y también en el resto del País existen establecimientos dedicados a la producción de leche y derivados lácteos caprinos y debido a la imagen positiva que el consumidor tiene sobre estos productos, se consideró de interés sintetizar la información existente destinada a la obtención de lácteos caprinos de alto impacto potencial sobre la salud humana.

Para el productor, la alimentación es la vía más rápida de modificar la cantidad y la calidad de la grasa láctea producida. La información consultada sugiere que resulta posible producir leche y derivados lácteos caprinos no sintéticos con propiedades benéficas sobre la

salud humana (bajo índice de atherogenicidad, altos contenidos de ácido linoleico conjugado (CLA) y ω 3, baja relación entre los ácidos ω 6/ ω 3).

La leche de cabra puede presentar un amplio rango de concentración de CLA (0,59-3,24 g/100g) explicado por los diferentes escenarios de alimentación (tipos de forraje) y suplementación de los animales. La leche de cabra es un producto que puede utilizarse para sustituir a la de vaca en la alimentación infantil o en casos de intolerancia digestiva o alergia a esta última. Al igual que en la vaca lechera (Parte 2), los niveles de CLA en leche pueden también ser exitosamente incrementados por la suplementación estratégica de la cabra (Chilliard y otros, 2003).

La presente revisión tiene por objetivo establecer una combinación efectiva de tipos de forraje y suplementos lipídicos a fines de lograr una leche caprina de calidad diferenciada (alto CLA, alto ω 3, baja relación entre los ácidos ω 6/ ω 3). Se analizan los efectos del aporte de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) como herramienta nutricional efectiva a fines de incrementar los valores basales de CLA (particularmente el isómero *cis*-9, *trans*-11 C_{18:2} ó ácido ruménico) y de su isómero precursor a nivel mamario, el ácido vaccénico (*trans*-11 C_{18:1}). A través de la nutrición, resulta a su vez

posible disminuir el índice de aterogenicidad de la leche (Ulbricht y Southgate, 1991) mediante la disminución de los ácidos grasos saturados de cadena media ($C_{12:0}$, $C_{14:0}$ y $C_{16:0}$). Cabe destacar que una leche alto CLA y alto $\omega 3$ puede ser exitosamente utilizada para elaborar los derivados lácteos diferenciados (quesos, manteca, etc) ya que la concentración en el producto final elaborado es muy similar a la de la leche cruda que le dio origen (ver Parte 2.).

2. Ácidos grasos, salud humana y calidad de leche.

Los conceptos referidos a obtención de alimentos funcionales benéficos para la salud humana han sido desarrollados en la Parte 1. y serán por lo tanto someramente descriptos aquí. La composición en AG de la leche es un factor determinante de su calidad ya que algunos de ellos presentan efectos altamente positivos sobre la salud humana y otros no (Sébédio y otros, 1999; Jensen, 2002; Stanton, Murphy, McGrath y Devery, 2003). La grasa butirosa presenta un exceso en AG saturados (generadores de colesterol) y un déficit en AG mono y poliinsaturados que son juzgados como más adecuados en nutrición humana. (Gagliostro, 2001; Schrezenmeir y Jagla, 2000). Resulta saludable disminuir la ingestión de AG saturados a fines de prevenir las afecciones cardíacas (Stanton y otros, 2003). Los ácidos láurico ($C_{12:0}$), mirístico ($C_{14:0}$) y palmítico ($C_{16:0}$) elevan el colesterol total y el colesterol asociado a las lipoproteínas de baja densidad (LDL) juzgadas como aterogénicas en el ser humano (Schrezenmeir y Jagla, 2000) mientras que el consumo de AG de cadena corta a media ($C_{4:0}$ a $C_{10:0}$) no estaría asociado a riesgos de muerte por afecciones coronarias (Hu, Stampfer, Manson, Aschreier, Colditz y Speizer, 1999). El ácido esteárico ($C_{18:0}$) es considerado como neutro respecto a variaciones en los lípidos plasmáticos mientras que el ácido oleico ($C_{18:1}$) es un protector contra

la aterogénesis. Los ácidos grasos de configuración *trans* elevan los niveles sanguíneos de colesterol total y asociado a las LDL (aterogénicos) mientras que los CLA resultan protectores contra dicha afección (Schrezenmeir y Jagla, 2000). Los ácidos grasos *trans* provenientes de los aceites parcialmente hidrogenados o de las margarinas han sido asociados a muertes por afecciones coronarias pero se estima que estos efectos negativos sobre la salud humana no serían atribuibles a los isómeros *trans*-11 $C_{18:1}$ ó al *cis*-9, *trans*-11 CLA presentes en la leche (Griinari, Dwyer, McGuire, Bauman, Palmquist y Nurmela, 1998). Por todo lo expuesto, una reducción en el índice de aterogenicidad de la leche ($(C_{12} + C_{14} + C_{16})/3$ AG-insaturados, Ulbricht y Southgate, 1991) es un factor predisponente a obtener un producto de alta calidad en nutrición y salud humana.

Los **CLA** representan una mezcla de isómeros del ácido linoleico ($C_{18:2}$) con dobles ligaduras en las posiciones 7 y 9, 9 y 11, 10 y 12 ó 11 y 13 además de variaciones geométricas de tipo *cis*-*cis*, *cis*-*trans*, *trans*-*cis* o *trans*-*trans*. El isómero *cis*-9, *trans*-11 CLA representa más del 90% del total de CLA en leche (Stanton y otros, 2003). Los CLA resultan predominantemente consumidos en los productos lácteos (Chilliard, Ferlay, Mansbridge y Doreau, 2000; Parodi, 1999) y presentarían importantes propiedades benéficas sobre la salud humana : prevención del cáncer, efectos anti-aterogénicos y anti-diabetogénicos y disminución de la obesidad (ver Parte 1). Debe tenerse siempre en cuenta que los CLA no constituyen en sí mismos un remedio contra las afecciones citadas. Sus propiedades benéficas sobre la salud humana sólo serán efectivas en el marco de una alimentación preventiva, adecuada y balanceada. Las propiedades benéficas de los CLA permanecerían intactas aún luego del procesamiento de la leche cruda (Stanton y otros, 2003) lo que resulta de gran importancia en un marco de obtención de alimentos funcionales ricos en CLA. Este aspecto "transferencia de CLA" a los derivados lácteos deberá ser sin embargo confirmado para

las condiciones locales de elaboración de lácteos.

Si bien existen preparaciones sintéticas de CLA (mezclas de diferentes isómeros) que pueden utilizarse en la fabricación de leches artificiales nuestro interés actual es el de producir alimentos naturales. El consumo de leche o derivados lácteos naturalmente enriquecidos en CLA presenta ventajas adicionales para el ser humano. En primer término, el consumidor tiende a rechazar cada vez más a los alimentos sintéticos y los entes controladores del Estado no permiten llamar leche (sino bebida láctea) a un alimento sintéticamente producido (Chilliard, Y., comunicación personal). En segundo término, estudios biomédicos han demostrado que el consumo de manteca natural alto CLA producía una mayor acumulación de CLA en los tejidos en comparación a los animales experimentales alimentados con CLA sintético (Ip, Banni, Angione, Carta, McGinle, Thompson, Barbano y Bauman, 1999). Este hecho estaría explicado por un mayor consumo del *trans-11 C_{18:1}* aportado por la manteca natural y luego convertido a *cis-9, trans-11 CLA*. Las células mamarias de los mamíferos (y también las adiposas) serían capaces de sintetizar el *cis-9, trans-11 CLA* a partir del *trans-11C_{18:1}* y otros isómeros CLA por acción del enzima Δ^9 desaturasa sobre los *trans-C_{18:1}* (Griinari y Bauman, citado por Chilliard y otros, 2000). Salminen, Mutanen, Jauhainen y Aro (1998) demostraron un incremento en los niveles de CLA en plasma de personas consumiendo una dieta enriquecida en ácido trans vaccénico. El aporte de cantidades crecientes de este ácido incrementó en forma lineal la concentración de CLA en plasma de seres humanos. La tasa promedio de conversión de ácido trans vaccénico a CLA fue del orden de 19% (Turpeinen, Mutanen, Aro, Salminen, Basu, Palmquist y Griinari, 2002).

Este hecho resalta también la importancia de alimentar a la cabra de modo de lograr incrementos en las concentraciones de ácido trans vaccénico en leche a fin de maximizar su absorción por parte de los consumidores de productos lácteos. En el estudio sobre seres

humanos de Turpeinen y otros (2002) el consumo de 3g/día de ácido trans vaccénico duplicó la concentración de CLA en los triacilglicéridos plasmáticos alcanzándose una concentración estable de CLA (*plateau*) en 4-6 días. Si tomamos los datos de concentración máxima de *trans-11C_{18:1}* obtenidos en leche de cabra (Cuadro 7) sería necesario consumir unos 880 gramos de leche por día a fines de alcanzar ese efecto.

3. Breve comparación entre la cabra y la vaca lechera.

Según Chilliard y otros (2003), la respuesta esperable ante una suplementación con lípidos resulta diferente según el tipo de animal que la recibe :

- La producción de leche aumenta en vacas lecheras en lactancia media efecto que no se encuentra en la cabra o en la oveja.
- La concentración grasa de la leche y la cantidad de grasa producida se ve fuertemente incrementada en las ovejas y en las cabras pero no necesariamente en las vacas.
- La concentración de proteína en leche disminuye en la vaca lechera y en la oveja pero no en la cabra. La producción de proteína láctea disminuye en la oveja pero no se ve alterada en la cabra o en la vaca lechera.

Puede concluirse que no existen efectos colaterales no deseados ante el aporte de lípidos en la ración de cabras. Los motivos que explicarían las diferencias entre especies no

son bien conocidos y podrían estar asociadas a interacciones entre la ración de base y el tipo de suplemento utilizado y también a características propias de los animales (especie, raza, estado de lactancia, producción de leche, etc).

En comparación a la leche de vaca, la de cabra es más rica en AG de cadena media (C_8 , ácido caprílico, y sobre todo de C_{10} , ácido caproico) y menos rica en ácido butírico (C_4) y a veces palmítico ($C_{16:0}$). En la cabra y en la vaca del 5 al 15% del total de los $C_{18:1}$ son de configuración *trans* siendo el ácido *trans* vaccénico ($C_{18:1}$, n-7 ó Δ 11) el más importante (35-40%) (Chilliard y otros, 2003).

En la vaca lechera la suplementación con aceites vegetales ricos en AGPI ($C_{18:2}$ ó $C_{18:3}$) ha demostrado ser efectiva para aumentar la concentración de CLA en leche (Ver Parte 2, Chilliard y otros, 2000; Chilliard, Ferlay y Doreau, 2001; Lawless, Murphy, Harrington, Devery y Stanton, 1998; Dhiman, Anand, Satter y Pariza, 1999; Dhiman, Satter, Pariza, Galli, Albrigh y Tolosa, 2000; Offer, Marsden, Dixon, Speake y Tracker, 1999; Kelly, Berry, Dwyer, Griinari, Chouinard, VanAmburgh y Bauman, 1998). En la cabra, se han observado incrementos significativos en los porcentajes de $C_{18:0}$ ó de $C_{18:1}$ ante el aporte de AGPI en detrimento de los C_8 a C_{14} y también los $C_{16:0}$. El efecto estaría explicado por la biohidrogenación ruminal de los AGPI hasta $C_{18:0}$ ó *trans*- $C_{18:1}$ que resultan inhibidores de la lipogénesis de novo mamaria de los C_8 a C_{16} (Chilliard y otros, 2003). Estas disminuciones de concentración de los C_{12} a C_{16} resultan de gran interés a fines de disminuir el índice de aterogenicidad de la grasa láctea.

En la cabra, la más alta concentración de grasa en la leche se obtiene luego del parto para luego decaer en forma progresiva a lo largo de la lactancia (Chilliard, Delouis, Smith, Sauvart y Morand-Fehr, 1986; Sauvart, Chilliard y Morand-Fehr, 1991). Este hecho se explica por el llamado efecto dilución de la grasa en mayores volúmenes de leche hasta el pico de lactancia y la menor movilización de AG desde el tejido adiposo a la glándula mamaria.

Una alimentación de las cabras con raciones muy pobres en lípidos reduce la producción de leche y su contenido graso lo que puede ser revertido por el aporte de lípidos (Chilliard y otros 2003). El aporte de suplementos lipídicos a cabras en lactancia media o tardía no se traduce en un aumento de la producción de leche pero el contenido graso de la misma se ve altamente incrementado (+5,7 g/kg en los 23 ensayos revisados por Chilliard y otros, 2003). Un aspecto interesante es que el contenido graso de la leche de cabra no disminuye aún ante el aporte de AG insaturados contrariamente a lo que en general ocurre en la vaca lechera (Gagliostro y Chilliard, 1992; Bauman y Griinari, 2001; Schroeder, Delahoy, Vidaurreta, Bargo, Gagliostro y Muller, 2003).

La respuesta al suministro de aceites de pescado ha dado resultados inconsistentes. El aporte de este suplemento parece reducir el consumo de materia seca y la producción de leche sin cambios aparentes en la concentración de grasa (Kitessa, Gulati, Ashes, Fleck, Scott y Nichols, 2001). Estos efectos resultan diferentes a los obtenidos en la vaca lechera donde la producción de leche aumenta mientras que la concentración grasa de la leche disminuye en forma importante (Chilliard y Doreau, 1997).

La leche caprina es altamente utilizada para la elaboración de quesos y la suplementación con lípidos produce cambios en la composición de la GB que permiten controlar eficazmente el proceso. La ausencia de efecto sobre la concentración proteica de la leche (importante para la coagulación láctea) y el efecto altamente positivo sobre el tenor graso de la leche permiten lograr leches estabilizadas en cuanto al síndrome denominado de "inversión de los porcentajes" (Chilliard y otros, 2003).

4. Estrategias de alimentación para la obtención de leches alto CLA en la cabra.

La leche y los quesos de cabra son percibidos como alimentos naturales sanos y saludables por parte de los consumidores. Como ya fue comentado la composición en ácidos grasos de la leche es un componente muy importante de su calidad nutricional la que puede ser mejorada a fines de prevenir enfermedades cardio vasculares y también el cáncer. Al igual que en la vaca (ver Parte 2.), la suplementación estratégica de la cabra representa para el productor la vía más rápida de modificar la composición en AG de la leche. Se presenta a continuación una síntesis analítica de los antecedentes existentes en el equipo TALL (Tejido Adiposo y Lípidos de la Leche) de la Unidad de Investigación Herbívoros (URH) del INRA de Clermont-ferrand Theix. El objetivo fue el de poder concluir sobre las estrategias más adecuadas a fines de producir leches caprinas y derivados lácteos diferenciados por un alto valor en salud humana.

Las estrategias alimenticias predisponentes a lograr incrementos en los valores basales de CLA (y de ácido trans vaccénico) en leche son: 1) suministrar alimentos ricos en ácidos linoleico y linolénico, 2) factores dietarios capaces de alterar el ambiente ruminal hacia una menor biohidrogenación del ácido trans vaccénico a ácido esteárico ($C_{18:0}$), 3) la interacción de ambos factores (Griinari y Bauman, 1999; Chilliard, Chabosseau, Rouel, Capitan, Gominard, Gaborit, Juanéda y Ferlay, 2002).

Se presentan a continuación distintos escenarios de alimentación de la cabra y sus efectos sobre el perfil de ácidos grasos en leche.

5. Comparación semillas de oleaginosas vs aceites libres.

Una vía simple de suplementar a la cabra con AGPI es aportando semillas oleaginosas en el concentrado o su equivalente en aceite libre. El equipo TALL del INRA Theix ha trabajado comparando el efecto de la suplementación con aceite libre o su equivalente en semillas oleaginosas de lino (aceite rico en $C_{18:3}$) o girasol linoleico (rico en $C_{18:2}$) sobre la respuesta productiva y el perfil de AG de la grasa en cabras lecheras (Cuadro 1).

El aporte de AGPI no modificó la producción de leche pero incrementó significativamente su tenor graso en todos los tratamientos con diferentes efectos sobre el perfil de AG de la leche. Si consideramos de importancia lograr un incremento del *trans*- $11C_{18:1}$ y obviamente del CLA (*cis*-9, *trans*-11 $C_{18:2}$), puede observarse que el aceite de girasol incrementó en un 290% y en un 283% las concentraciones basales de ambos AG. También resulta interesante comentar que el efecto resultó mayor cuando la suplementación fue a base de aceite libre en comparación al grano oleaginoso completo. La liberación lenta y gradual de los AGPI contenidos en el aceite de los granos oleaginosos en comparación al suministro de aceite libre en forma directa resultaría en una mayor hidrogenación del ácido *trans* vaccénico (TVA) a $C_{18:0}$ dejando una menor cantidad de TVA disponible para su absorción intestinal (Chilliard y otros 2002). Una baja dosis de aceite (3-4% de la MS consumida) parecería resultar suficiente a fines de afectar el metabolismo ruminal inhibiendo la biohidrogenación de los AGPI alimenticios e incrementando su transferencia (y la de los *trans*- $C_{18:1}$) a la leche. Si la opción práctica fuera la de suminis-

CUADRO 1: Producción y composición de la leche en cabras alimentadas a base de heno de pradera natural (30%) y concentrado (70%) con y sin suplementación con aceites o semillas oleaginosas.

Table 1: Milk yield and composition in goats fed a ration composed by natural pasture hay (30%) and concentrate (70%) with or without oil or oilseeds supplementation.

Dieta	Control	Aceite de Lino	Grano de Lino	Aceite de Girasol	Grano de Girasol	Grano de Soja
Leche, kg/d	2,86	3,12	2,91	3,15	3,11	3,37
GB, g/kg	25,5 ^a	28,6 ^b	31,5 ^b	30,7 ^b	31,3 ^b	29,6 ^b
Proteína, g/kg	27,2 ^a	29,6 ^{bc}	30,0 ^c	28,2 ^{ab}	29,1 ^{bc}	28,7 ^{abc}
Lactosa, g/kg	43,2 ^a	45,7 ^b	45,4 ^b	44,0 ^{ab}	43,1 ^a	45,7 ^b
AG, %						
C4 + C6 + C8	7,9 ^b	7,5 ^{ab}	7,8 ^b	7,7 ^b	6,9 ^a	7,1 ^{ab}
C10 + C12 + C14	24,9 ^a	16,3 ^b	18,0 ^b	17,3 ^b	16,9 ^b	16,9 ^b
C16:0	25,8 ^a	16,9 ^b	19,0 ^c	18,2 ^{bc}	18,7 ^c	19,6 ^c
C18:1 t11	1,0 ^a	2,9 ^{bc}	1,3 ^a	3,9 ^c	2,3 ^b	0,9 ^a
C18:2 o 6	2,2 ^a	2,2 ^{ab}	1,9 ^b	3,4 ^c	3,0 ^d	3,3 ^{cd}
C18:2 c9 t11 (CLA)	0,6 ^a	1,4 ^c	0,6 ^a	2,3 ^b	0,8 ^d	0,4 ^{ae}
C18:3 o 3	0,4 ^b	1,7 ^c	1,2 ^d	0,5 ^b	0,5 ^a	0,4 ^b
IA ⁽²⁾	2,92 ^a	1,21 ^a	1,61 ^b	1,36 ^c	1,48 ^{bc}	1,52 ^{bc}

⁽¹⁾ Suplementación al 3,4 (\pm 0,6%) de lípidos del consumo de materia seca total.

⁽²⁾ Índice de aterogenicidad: [(C₁₂ + C₁₄ + C₁₆)/3 insaturados] (Ulbricht y Southgate, 1991).

o 6 = C18:2 c9 c12

o 3 = C18:3 c9 c12 c15

Fuente: Chilliard y otros, no publicado (ver Chilliard y otros, 2003).

trar granos oleaginosos en vez de aceite, vale la pena destacar que sólo el girasol resultó efectivo a la hora de incrementar el ácido trans vaccénico (+130%) y los CLA en leche (+33%, Cuadro 1). El resultado sugiere por lo tanto que el aceite contenido en las semillas de lino y de soja resultaría altamente hidrogenado en el rumen. En vacas lecheras el aporte de poroto de soja tostado resultó efectivo para incrementar las concentraciones de C_{18:2} y de C_{18:0} en leche pero no la de *trans*- C_{18:1} (Morales, Palmquist y Weiss, 2000).

El suministro de aceites libres de lino o girasol resulta más efectivo que una cantidad equivalente de sustrato «empaquetada» en la respectiva semilla a la hora de incrementar los CLA y el TVA en leche.

6. Interacciones entre el tipo de forraje y los suplementos.

6.1. Forraje fresco vs forraje henificado.

Se analizó la influencia del suministro de raigrás fresco vs raigrás henificado y del tipo de suplemento lipídico (aceite de lino o de girasol alto oleico) sobre la producción y calidad de la leche. Los resultados fueron obtenidos luego de cinco (Cuadro 2) y de diez semanas (Cuadro 3) de alimentación de las cabras.

Puede observarse que las diferencias generadas por la forma de presentación del forraje (fresco vs seco) comienzan a manifestarse luego de 10 semanas de alimentación.

CUADRO 2: Producción y composición de la leche de cabra luego de cinco semanas de aporte de raigrás fresco o heno de raigrás suplementados o no con aceite de lino (**AL**) o de girasol (**GO**) alto oleico (5 a 6% del consumo de MS).

Table 2: Milk production and composition in goats after five weeks of feeding fresh ryegrass or ryegrass hay supplemented or not with linseed oil (AL) or high oleic sunflower oil (GO) at 5 or 5% of total DM intake.

Semana 5	Raigrás fresco			Heno de raigrás		
	Co	AL	GO	Co	AL	GO
Forraje, kg MS	1,23	1,09	1,35	1,23	1,46	1,32
Concentrados, kg MS	1,29	0,99	0,99	1,29	0,99	0,99
Aceite, kg/d	0	0,133	0,133	0	0,133	0,133
Consumo total, kg MS	2,52	2,21	2,47	2,62	2,58	2,44
Balance energético ⁽¹⁾	0,68	0,54	0,60	0,52	0,42	0,52
Leche, kg/d	2,87c	2,97c	3,17ac	3,16ac	3,42ab	3,09ac
Grasa, g/d	87bd	98de	106e	90bde	122ace	100bcde
Grasa, %	3,10bc	3,35ab	3,33ab	2,87c	3,47a	3,24b
Proteína, g/d	81b	87b	90ab	86b	99ac	90ab
Proteína, %	2,83a	29,5c	28,6ac	27,1b	29,1ac	29,0ac
Lactosa, %	4,41d	4,81a	4,83a	4,66c	4,83a	5,00b
Lipólisis, ⁽²⁾	0,40a	0,44a	0,19b	0,37ab	0,29ab	0,27ab
Actividad LPL ⁽³⁾	355bd	573c	227ad	449bc	143a	298ab

⁽¹⁾ Mcal Enl. ⁽²⁾ gramos de ácido oleico/100 gramos de grasa. ⁽³⁾ nmol/mn/ml. LPL= lipoproteína lipasa (enzima responsable de la hidrólisis de los triacil glicéridos). ^{a,b,c,d,e}: dentro de línea promedios con distinta letra difieren entre sí ($p < 0,05$). Fuente: INRA Lusignan, 2004, no publicado (ver Chilliard y otros, 2004).

CUADRO 3: Producción y composición de la leche de cabra luego de diez semanas de aporte de raigrás fresco o heno de raigrás suplementados o no con aceite de lino (AL) o de girasol (AGO) alto oleico (5 a 6% del consumo de MS).

Table 3: Milk production and composition in goats after ten weeks of feeding fresh ryegrass or ryegrass hay supplemented or not with linseed oil (AL) or high oleic sunflower oil (GO) at 5 or 5% of total DM intake.

Semana 10	Raigrás fresco			Heno de raigrás		
	Co	AL	AGO	Co	AL	AGO
Forraje, kg MS	1,09	1,10	0,87	1,33	1,31	1,24
Concentrados, kg MS	1,29	0,99	0,99	1,29	0,99	0,99
Aceite, g/d	0	133	133	0	133	133
Consumo total, kg MS	2,38	2,22	1,99	2,62	2,43	2,36
Balance energético ⁽¹⁾	1,11	0,63	0,56	1,02	0,78	0,87
Leche, kg/d	2,59b	3,07ac	2,83bc	2,98ac	3,25a	3,02ac
Grasa, g/d	68c	106a	90d	81bd	102a	91abd
Grasa, %	2,67c	3,45d	3,16a	2,75bc	3,19ad	30,0ab
Proteína, g/d	69c	86ab	79b	79b	92a	85ab
Proteína, %	2,66b	2,81a	2,80a	2,66b	2,86a	2,82a
Lactosa, %	4,48c	4,93a	4,88a	4,68b	4,92a	4,93a
Lipólisis, ⁽²⁾	0,47b	0,20a	0,21a	0,35ab	0,24a	0,29a
Actividad LPL ⁽³⁾	405ac	335bc	265bc	470ac	152b	277bc

⁽¹⁾ Mcal Enl. ⁽²⁾ gramos de ácido oleico/100 gramos de grasa. ⁽³⁾ nmol/mn/ml. LPL= lipoproteína lipasa (enzima responsable de la hidrólisis de los triacil glicéridos). ^{a,b,c,d,e}: dentro de línea promedios con distinta letra difieren entre sí ($p < 0,05$). Fuente: INRA Lusignan, 2004, no publicado (ver Chilliard y otros, 2004).

La producción de leche, la concentración de lactosa y la cantidad de grasa o proteína secretadas tienden a ser mayores en los animales alimentados con forraje seco. No se detectan efectos claros sobre la lipólisis post ordeño o sobre la actividad de la LPL de la leche que resultaron altos con ambos forrajes. La suplementación lipídica disminuyó ligeramente el consumo total de MS. El aceite de lino aumentó la producción de leche en semana 10. El contenido graso y proteico de la leche resultó incrementado por el aporte de aceites luego de 5 y de 10 semanas de alimentación. En semana 5 tanto el aumento del % de GB ante el aporte de aceite de lino como el aumento en el % de proteína inducido por el aceite de girasol resultaron superiores con el raigrás henificado (interacción forraje-suplemento). La suplementación lipídica tiene un efecto positivo sobre la

concentración de lactosa acentuado con el raigrás fresco. La lipólisis y la actividad LPL en la leche son disminuidas por el aceite de girasol en ambas semanas de mediciones.

En términos generales parecen observarse efectos más positivos sobre las variables productivas alimentando a la cabra a base de forraje seco.

Se presentan a continuación los efectos del tipo de forraje y de la suplementación lipídica sobre el perfil de AG en la leche obtenidos en ambas semanas de ensayo (Cuadros 4 y 5).

El tipo de forraje (fresco o henificado) tuvo poco efecto sobre la composición en AG de la leche. Las cabras alimentadas con raigrás fresco produjeron una leche con menor contenido de C_{12:0}, C_{14:0} y mayor contenido de C_{18:0} y C_{18:3}-o 3. El resultado estaría explicado por la

CUADRO 4: Composición en ácidos grasos de la leche de cabra luego de cinco semanas de aporte de raigrás fresco o heno de raigrás suplementados o no con aceite de lino (AL) o de girasol (GO) alto oleico (5 a 6% del consumo de MS).

Table 4: Milk fatty acids composition in goats after five weeks of feeding fresh ryegrass or ryegrass hay supplemented or not with linseed oil (AL) or high oleic sunflower oil (GO) at 5 or 5% of total DM intake.

Semana 5 (%)	Raigrás fresco			Heno de raigrás		
	Co	AL	GO	Co	AL	GO
C4:0	2,71a	3,04b	3,10b	2,71a	2,95ab	2,95ab
C6:0	2,99b	2,65c	2,45a	2,83b	2,51ac	2,48a
C8:0	3,22b	2,54c	2,15d	3,03b	2,45ac	2,28ad
C10:0	11,3b	7,2ac	6,4c	11,1b	7,4a	6,8ac
C12:0	5,0d	2,6c	2,6c	5,7b	3,1a	2,9ac
C14:0	11,6c	7,2d	7,9ad	13,0b	8,3a	8,4a
C16:0	28,1b	16,1a	17,3a	28,6b	16,7a	17,0a
C18:0	6,4c	9,7a	14,7b	5,2c	10,2a	14,0b
C18:1 trans 11	0,80c	7,58a	2,15b	0,73c	8,40a	1,95b
C18:1 cis9	14,9d	14,7acd	25,6b	13,8cd	15,5ad	25,8b
C18:2 o 6	1,75b	1,45d	1,24a	1,77b	1,29a	1,29a
C18:3 o 3	0,39c	0,96a	0,19b	0,46c	0,89a	0,26b
CLA	0,54bc	3,22d	0,95b	0,41c	3,78a	0,96b
IA⁽¹⁾	3,8c	1,2a	1,4a	4,3b	1,5a	1,5a
o 6/o 3	4,5	1,5	6,5	3,8	1,4	5,0

o 6 = C18:2 c9 c12. o 3 = C18:3 c9 c12 c15. ⁽¹⁾Índice de aterogenicidad: [(C₁₂ + C₁₄ + C₁₆)/3 insaturados] (Ulbricht y Southgate, 1991).

Fuente: INRA Lusignan, 2004, no publicado. (ver Chilliard y otros, 2004).

CUADRO 5: Composición en ácidos grasos de la leche de cabra luego de diez semanas de aporte de raigrás fresco o heno de raigrás suplementados o no con aceite de lino (**AL**) o de girasol (**GO**) alto oleico (5 a 6% del consumo de MS).

Table 5: Milk fatty acid composition in goats after ten weeks of feeding fresh ryegrass or ryegrass hay supplemented or not with linseed oil (AL) or high oleic sunflower oil (GO) at 5 or 6% of total DM intake.

Semana 10 (%)	Raigrás fresco			Heno de raigrás		
	Co	AL	GO	Co	AL	GO
C4:0	2,79e	2,91cde	3,07d	2,64be	3,11acd	3,17ad
C6:0	2,59b	2,35a	2,08c	2,58b	2,22ac	2,24ac
C8:0	2,75b	2,18a	1,77c	2,85b	2,08a	2,10a
C10:0	9,3b	6,0a	5,0c	10,0b	5,9a	5,5ac
C12:0	4,7c	2,5a	2,3a	5,3b	2,7a	2,6a
C14:0	12,4b	7,4a	7,5a	12,8b	7,7a	7,8a
C16:0	28,0c	15,9a	16,6a	29,3bc	16,3a	16,6a
C18:0	6,9	10,8a	16,2d	5,4c	10,7a	14,0b
C18:1 trans 11	0,70c	9,34d	1,95b	0,91c	8,33a	1,82b
C18:1 cis9	16,4d	16,5ad	28,3b	14,8cd	17,2ad	28,8b
C18:2 o 6	1,67b	1,36a	1,26a	1,78b	1,36a	1,38a
C18:3 o 3	0,38e	0,87a	0,17d	0,49c	0,89a	0,28b
CLA	0,51c	4,04a	0,96b	0,51c	3,92a	0,98b
IA ⁽¹⁾	3,7c	1,2a	1,3a	4,0bc	1,3a	1,3a
o6/o 3	4,4	1,6	7,4	3,6	1,5	4,9

o6 = C18:2 c9 c12. o3 = C18:3 c9 c12 c15. ⁽¹⁾ Índice de aterogenicidad: [(C₁₂ + C₁₄ + C₁₆)/3 insaturados] (Ulbricht y Southgate, 1991).

Fuente: INRA Lusignan, 2004, no publicado (ver Chilliard y otros, 2004).

riqueza en C_{18:3} de los forrajes frescos (Bauchart, Verité y Rémond, 1984) aunque los efectos pueden ser altamente inestables debido a variaciones no controlables en la calidad del pasto (condiciones climáticas adversas, manejo del pastoreo, etc). El aporte de forraje fresco no tuvo ningún efecto sobre los porcentajes de los diferentes isómeros *cis* y *trans* del C_{18:1} ni sobre el CLA. Este efecto resulta diferente al obtenido en vacas lecheras (Schroeder y otros, 2003) aunque parece haber sido también observado por Jahreis, Fritsche, Möckel, Schöne, Möller y Steinhart (1999) al comparar las concentraciones de CLA en leche de cabras en pastoreo vs alimentación no pastoril. Valores basales de hasta 1 g/100 g de CLA han sido observados en cabras en pastoreo con valores del orden de 0,6 a 0,4 en alimentación no pastoril (Jahreis y otros, 1999 citado por Chilliard y otros, 2003).

El equipo Lusignan del INRA también comparó al heno de raigrás con el heno de alfalfa a las 5 y 10 semanas de alimentación de las cabras (Cuadro 6).

Como puede observarse, el efecto del origen botánico del heno fue sumamente débil e inconsistente a lo largo del tiempo. En términos generales, los animales alimentados con heno de raigrás presentaron mayores valores de C_{14:0} y menores valores de C_{18:2} y de C_{18:3}.

El tipo de forraje (fresco o henificado) parece tener en la cabra poco efecto sobre los valores basales de CLA en leche. Este resultado puede permitir al productor independizarse de una alimentación puramente pastoril y trabajar con forraje henificado como base de alimentación de las cabras a fines de lograr leches alto CLA. Como en el trabajo analizado (INRA Lusignan) el forraje fresco no fue pastoreado en forma directa sino cortado y ofrecido en come-

CUADRO 6: Composición en ácidos grasos de la leche de cabra luego de cinco y diez semanas de alimentación con heno de raigrás o heno de alfalfa ⁽¹⁾.

Table 6: Milk fatty acid composition in goats after five and ten weeks of feeding ryegrass hay or alfalfa hay.

(%)	Semana 5		Semana 10	
	Raigrás	Alfalfa	Raigrás	Alfalfa
C4:0	2,71	2,74	2,64	2,66
C6:0	2,83	2,87	2,58	2,64
C8:0	3,03	3,09	2,85	2,83
C10:0	11,1	11,5	10,0	9,9
C12:0	5,7	5,6	5,3	4,9
C14:0	13,0a	12,2b	12,8	12,4
C16:0	28,6	28,9	29,3	30,3
C18:0	5,2	5,4	5,4	6,0
C18:1 trans 11	0,73	0,43	0,91	0,43
C18:1 cis9	13,8	13,2	14,8	14,6
C18:2 o 6	1,77a	1,96b	1,78a	2,16b
C18:3 o 3	0,46a	0,74b	0,49	0,46
CLA	0,41	0,30	0,51	0,31
IA ⁽¹⁾	4,3	4,4	4,0	4,1
o 6/o 3	3,8	2,6	3,6	4,7

o 6 = C18:2 c9 c12. o 3 = C18:3 c9 c12 c15. ⁽¹⁾ 51% de heno de raigrás y 57% de heno de alfalfa en la ración total (base MS).

⁽²⁾ Índice de aterogenicidad: $[(C_{12} + C_{14} + C_{16})/3 \text{ insaturados}]$ (Ulbricht y Southgate, 1991).

Fuente: INRA Lusignan, 2004, no publicado (ver Chilliard y otros, 2004).

deros resultará interesante conocer si estos resultados pueden confirmarse utilizando praderas polifíticas en pastoreo directo como base de alimentación de la cabra. El efecto del tipo de heno (gramínea vs leguminosas) no parecería ejercer gran influencia sobre el perfil de AG de la leche de cabra.

A diferencia del factor tipo de forraje, el aporte de aceite (Cuadros 4 y 5) tuvo en cambio importantes efectos sobre la composición en AG de la leche lo que demuestra el interés de una suplementación estratégica de la cabra para lograr un producto diferenciado. El aceite de lino disminuyó la presencia de AG saturados (C_8 a C_{16}) y del $C_{18:2}$ -o 6 aumentando la de los isómeros trans del $C_{18:1}$ y el $C_{18:3}$ -o 3. El índice de aterogenicidad y la relación o 6/o 3 son disminuídos lo que resulta altamente favorable para la salud humana. El CLA resultó fuertemente incrementado tanto a las cinco (+659%) como a las diez (+680%) semanas de ensayo. **Este resultado es de suma importancia ya**

que sugiere cierta estabilidad en el efecto de la suplementación lipídica sobre el incremento de CLA en la leche de cabra.

Pese a que no se detectó **interacción significativa** con el tipo de forraje la respuesta parece ser más fuerte con el heno (+745%) que con el raigrás suministrado fresco (595%) (Cuadros 4 y 5).

El aceite de girasol alto oleico disminuye la presencia de AG saturados ($C_{6:0}$ a $C_{16:0}$) y aumenta fuertemente la concentración de esteárico, oleico y del *trans*- $C_{18:1}$. Disminuye los porcentajes de $C_{18:2}$ -o 6 y del $C_{18:3}$ -o 3. El índice de aterogenicidad es disminuído pero la relación o 6/o 3 resulta aumentada. Tomados en forma global los efectos sobre la salud humana son por lo tanto menos benéficos en comparación al aceite de lino. El incremento del CLA vuelve a resultar significativo tanto a las cinco (+105%) como a las diez (+90%) semanas de ensayo. **Los resultados confirman la estabilidad del «efecto alto CLA» inducido por la**

suplementación lipídica al menos durante los 70 días posteriores al inicio de la suplementación. El resultado es de alta significancia en un contexto de alimentación de la cabra y producción estable de lácteos alto CLA a mediano o largo plazo. Dicho de otro modo, una vez instalado el efecto alto CLA gracias a la suplementación el productor puede mantenerlo durante un tiempo bastante prolongado. Al igual que con el aceite de lino, no se detectó **interacción significativa** con el tipo de forraje. Una vez más, el incremento de CLA respecto al control parece ser más neto con el heno (+113%) que con el raigrás fresco (+82%).

Se detectaron muchas interacciones entre el tipo de forraje y el aporte de aceite de lino. Citaremos la mejor respuesta de concentración del ácido $C_{18:3}$ -03 con el forraje fresco (altamente ventajoso en salud humana) pero una menor disminución del $C_{18:2}$ -06. Con el girasol oleico las interacciones fueron más débiles.

Globalmente la alimentación de la cabra a base de henos en combinación con aceite de lino en el concentrado permitiría lograr una leche alto CLA y rica en $\omega 3$ disminuyendo a su vez la relación $\omega 6/\omega 3$ y el índice de aterogenicidad de la leche. Todos estos parámetros resultan compatibles con el concepto de leche diferenciada y alimentos naturales funcionales. Los efectos descritos resultan a su vez persistentes en el tiempo lo que permite cierta estabilidad en la obtención del producto diferenciado.

6.2 Forrajes conservados: henos vs silaje de maíz.

De confirmarse la ausencia de un efecto neto de la alimentación pastoril sobre la calidad nutracéutica de la leche (punto 6.1) y en un contexto estable de obtención de productos caprinos alto CLA puede ser de interés alimentar a los animales con forrajes conservados. Si tenemos en cuenta los moderados consumos de la cabra (2-3 kg de MS por día) y el alto valor agregado del producto la alimentación estabula-

da puede resultar una alternativa rentable y de gran interés para el productor. La utilización de forrajes conservados permite a su vez independizar al productor de la variabilidad estacional en la calidad de la pastura logrando un producto estable en cuanto a su composición química. Resulta entonces de interés conocer el tipo más adecuado de forraje utilizar (heno o silaje de maíz) y si existen interacciones entre el tipo de forraje y la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados para lograr leches alto CLA.

El equipo TALL del INRA Clermont-Theix ha comparado el efecto del tipo de forraje (heno o silaje de maíz) y su interacción con el tipo de suplemento (aceite de lino o de girasol alto oleico) sobre la respuesta productiva y la concentración de los AG de la leche de cabra (Cuadro 7).

La adición de aceite de lino aumentó la producción de leche (+7,1%) respecto al control efecto no observado con el aceite de girasol. Ambos aceites incrementaron la concentración grasa de la leche sólo cuando los animales recibieron heno de alfalfa como forraje. El efecto resultó más neto con el aceite de lino (+24,8%) que con el de girasol alto oleico (18,1%). El tenor proteico de la leche resultó mayor en los animales suplementados con un efecto más neto a favor del aceite de girasol (+5,3 a 4,2%) respecto al lino (+2,8 a 2,1%). Respecto a los ácidos grasos no deseables de la leche ambos aceites redujeron significativamente la concentración de C_{14} y de C_{16} respecto al control. Respecto al C_{14} , dicha reducción resultó más neta con el heno de alfalfa. El aceite de lino incrementó las concentraciones de ácido trans-vaccénico en leche en ambas raciones mientras que el girasol alto oleico lo hizo sólo ante la presencia de heno de alfalfa. Respecto al CLA (*cis*-9, *trans*-11 $C_{18:2}$), el aceite de lino produjo un incremento de +281% con el silaje de maíz y de +853% con el heno de alfalfa respecto al control. En el tratamiento girasol alto oleico dichos incrementos sólo fueron significativos cuando se utilizó el heno de alfalfa como forraje (+197% respecto

CUADRO 7: Producción y composición de la leche de cabras alimentadas con silaje de maíz o heno de alfalfa y suplementadas o no con aceite de lino (**AL**) o de girasol (**GO**) alto oleico (5 a 6% del consumo de MS).

Table 7: Milk fatty acid composition in goats fed corn silage or alfalfa hay supplemented or not with linseed oil (AL) or high oleic sunflower oil (GO) at 5 or 6% of total DM intake.

Trat.	Silaje de maíz			Heno de alfalfa			<i>p</i> <		
	Co	AL	GO	Co	AL	GO	AL	GO	ALxGO
Leche, kg/d	3,62a	3,98b	3,48a	3,47	3,62	3,45	*	ns	ns
GB, %	3,44a	3,46a	3,66a	29,8b	37,2a	35,2a	**	**	**
Prot, %	2,83a	2,89abc	2,98bc	2,87ab	2,95bc	2,99c	+	**	ns
Lact, %	4,56a	4,71b	4,75b	4,28c	4,48a	4,53a	**	**	ns
AG, %									
C4:0	2,2ac	2,9b	2,6bc	2,2ac	2,4ac	2,2a	**	*	*
C10:0	10,0a	8,4bc	7,4be	8,7c	6,1de	6,4e	**	**	ns
C14:0	11,6a	8,7b	8,4b	12,2a	7,5c	8,4b	**	**	**
C16:0	28,8a	18,8b	18,6b	31,1c	18,1b	17,8b	**	**	**
C18:0	7,5a	9,2b	13,7c	6,0d	10,8e	12,7c	**	**	**
C18:1 t11	1,3ae	6,6b	3,4ce	0,4a	9,1d	2,3e	**	**	**
C18:1c9	15,7a	14,8a	23,5b	16,6a	16,0a	27,9c	Ns	**	*
C18:2 o6	2,0a	1,5b	1,4c	2,3d	1,7e	1,6b	**	**	ns
C18:3 o3	0,32a	0,68b	0,17c	0,60b	1,38d	0,42e	**	**	**
CLA	0,59ad	2,25b	0,79ad	0,34a	3,24c	1,01d	**	**	**
IA (1)	3,4a	1,7b	1,6bc	3,5a	1,5bc	1,4c	**	**	+

o 6 = C18:2 c9 c12. o 3 = C18:3 c9 c12 c15

(1) Índice de aterogenicidad: [(C₁₂ + C₁₄ + C₁₆)/3 insaturados] (Ulbricht y Southgate, 1991).

CLA = *cis*-9, *trans*-11 C_{18:2}

Aceite de lino: 6% C_{16:0} + 17% C_{18:1} + 15% C_{18:2} + 57% C_{18:3}

Aceite de girasol alto oleico: 4% C_{16:0} + 83% C_{18:1} + 7% C_{18:2}

** = *p* < 0,01; * = *p* < 0,05; + = *p* < 0,1, ns = no significativo

Fuente: Chilliard y otros 2002.

al control). El índice de aterogenicidad fue satisfactoriamente disminuido con ambos aceites y con ambos forrajes.

Resulta importante destacar que tanto la leche como los quesos obtenidos en los tratamientos descriptos en el Cuadro 7 presentaron diferentes propiedades sensoriales de olor (tipo cabra, hongos, amoniacal, levadura, suero), sabor (tipo cabra, hongos, salado, ácido, amargo, amoniacal, metálico oxidado, rancio, picante, jabón, heno, fermentado y pescado) y textura (granulosa, fondant, adhesiva, grasa y astringente). Los parámetros sensoriales juzgados como negativos resultaron superiores en las raciones a base de heno de alfalfa en comparación al silaje de maíz. Dicho efecto resultó acentuado por la suplementación con

aceite de lino. Los gustos descriptos o definidos como “metálicos u oxidados” o de “sabor a pescado” serían consecuencia de una mayor oxidación de los AGPI libres especialmente ante la utilización de aceite de lino (oxidación del C_{18:3}). Los investigadores consultados comentan que resulta complicado optimizar simultáneamente la calidad del producto (salud humana) con sus propiedades sensoriales. El agregado de antioxidantes a la ración (Vitamina E, 1000 a 1500 UI/cabra/día) podría atenuar las deficiencias sensoriales inducidas por la combinación heno/aceite de lino (Equipo TALL, INRA, comunicación personal). Este efecto merece ser tenido en cuenta en la formulación de la ración final de la cabra.

El aceite de lino resultó extremadamente efectivo para aumentar las concentraciones de ácido trans vaccénico, de CLA y de ω -3 respecto al control especialmente cuando fue combinado con heno de alfalfa como forraje de base. El aceite de girasol alto oleico ($C_{18:1}$ n-9) presenta débiles efectos sobre los ácidos trans vaccénico y CLA aumentando la concentración de $C_{18:1}$ en leche efecto muy buscado actualmente por su efecto benéfico sobre la salud humana. Los resultados muestran claramente como la alimentación de la cabra induce profundos cambios en la composición de la grasa láctea y por lo tanto de su calidad juzgada en términos de efectos benéficos sobre la salud humana. La combinación heno/aceite de lino vuelve a destacarse como la más conveniente a la hora de obtener leches con propiedades benéficas sobre la salud humana (alto CLA, alto ω -3 bajo índice de aterogenicidad). Los parámetros sensoriales juzgados como negativos resultaron superiores en las raciones a base de heno de alfalfa en comparación al silaje de maíz. Dicho efecto resultó acentuado por la suplementación con aceite de lino. El agregado de Vitamina E podría atenuar las deficiencias sensoriales inducidas por la combinación heno/aceite de lino aspecto que merece ser tenido en cuenta en la formulación de raciones para cabras.

En la comparación aceite de girasol o de lino es importante observar que se trata de un girasol alto oleico (rico en $C_{18:1}$) en lugar de un girasol normal alto linoleico ($C_{18:2}$). Ello implica que la cantidad de sustrato efectivo a nivel ruminal para la síntesis de ácido trans vaccénico no era la misma respecto al aceite de lino (rico en $C_{18:3}$). Por otra parte, el aceite de girasol alto linoleico (66-70% de $C_{18:2}$ n-6) es muy abundante en la Argentina y puede constituir un excelente alimento para suplementar estratégicamente a la cabra y lograr así leches y productos más saludables. Los siguientes trabajos analizados tienen por objetivo comparar el aceite de girasol "normal" (rico en $C_{18:2}$) con el aceite de lino en combinación con henos de pradera o silaje de maíz.

6.3 Combinación henos de pradera y girasol linoleico.

En el primer trabajo analizado se utilizó como dieta base un heno de pradera natural y una suplementación al 5,5% del consumo de materia seca con aceite de girasol normal o alto linoleico (21% de $C_{18:1}$ n-9, 66% de $C_{18:2}$ n-6) o con aceite de lino (17% de $C_{18:1}$ n-9, 15% de $C_{18:2}$ n-6 y 57% de $C_{18:3}$ n-3). Los resultados de respuesta productiva se presentan en el Cuadro 8.

La suplementación con aceite no afectó el consumo total ni el balance energético de los animales. La producción de leche no se vio afectada pero los aceites suplementarios incrementaron tanto la secreción como la concentración de grasa. La concentración proteica en leche resultó incrementada. La lipólisis (post-ordeño) de la leche resultó disminuida por el aporte de aceite así como también la actividad del enzima lipoproteína lipasa (LPL, responsable de la hidrólisis de los triglicéridos) en los animales que recibieron el aceite de girasol. Estos resultados pueden juzgarse como positivos desde el punto de vista de calidad sensorial y estabilidad del producto. No se observaron diferencias significativas en las concentraciones plasmáticas de los metabolitos asociados a lipomovilización (ácidos grasos no esterificados, glicerol libre) ni en la insulinemia de las cabras. Los valores de colesterol total, fosfolípidos y triacilglicéridos plasmáticos resultaron incrementados en los animales suplementados con aceite mientras que los valores de glucemia no variaron. Las concentraciones de acetato y beta-hidroxi butirato fueron menores en las cabras suplementadas con aceite.

Un resumen del perfil de ácidos grasos de la leche se presenta en el Cuadro 9.

La concentración de los ácidos grasos de cadena corta a media (C_8 a $C_{16:0}$) resultó significativamente disminuida ante la suplementación con aceites mientras que la de los ácidos C_{18} fue significativamente incrementada. Resulta de interés el aumento del isómero $C_{18:1}$ -*trans* 11 (+ 497% con el girasol y +439% con el lino) y particularmente del CLA (+344% con el

CUADRO 8: Efecto del aporte de aceite de girasol linoleico (AGL) o de aceite de lino (AL) a cabras lecheras alimentadas con heno de pradera natural.

Table 8: Effects of sunflower linoleic oil or linseed oil supplementation to dairy goats fed pasture hay as forage.

Tratamientos	Control	AGL	AL	P <
Heno, kg MS	1,01	1,09	1,08	ns
Alfalfa ⁽¹⁾ , kg MS	0,15a	0,12b	0,12b	**
Concentrados, kg MS	1,12a	0,91b	0,90b	**
Aceite, kg/d	0a	0,124b	0,123b	**
Consumo total, kg MS	2,28	2,24	2,22	ns
Balance energético ⁽²⁾	0,153	0,289	0,306	ns
Leche, kg/d	3,34	3,32	3,30	ns
Grasa, kg/d	0,109a	0,128b	0,125b	**
Grasa, %	3,23a	3,79b	3,74b	**
Proteína, kg/d	0,099	0,100	0,100	ns
Proteína, %	2,96a	3,01ab	3,04b	**
Lactosa, %	4,55a	4,72b	4,69b	**
Lipólisis, ⁽³⁾	0,24a	0,08b	0,11b	**
Actividad LPL ⁽⁴⁾	346a	170b	240ab	*

⁽¹⁾ Deshidratada. ⁽²⁾ Mcal Enl. ⁽³⁾ gramos de ácido oleico/100 gramos de grasa. ⁽⁴⁾ nmol/mn/ml. LPL= lipoproteína lipasa (enzima responsable de la hidrólisis de los triacil glicéridos. *, ** : p<0,05 ó p<0,01 respectivamente.

Fuente: INRA Clermont-Ferrand Theix, 2001 (no publicado).

CUADRO 9: Efecto del aporte de aceite de girasol linoleico o de aceite de lino sobre el perfil de ácidos grasos de la leche en cabras alimentadas con heno de pradera natural.

Table 9: Effects of sunflower linoleic oil or linseed oil supplementation on milk fatty acid profile in dairy goats fed pasture hay as forage.

Tratamientos	Control	Girasol	Lino
C4:0	2,27a	2,58b	2,64b
C6:0	2,25a	2,08b	2,17ab
C8:0	2,52a	2,01b	2,23c
C10:0	9,5a	6,1b	6,8b
C12:0	5,0a	2,7b	2,9b
C14:0	11,7a	7,4b	7,6b
C16:0	26,4a	16,7b	16,1b
C4 + C6 +C8	7,0	6,7	7,0
C10 + C12 +C14	26,2a	16,2b	17,3b
IA ⁽¹⁾	3,1a	1,3b	1,3b
C18:0	6,9a	12,5b	11,6b
C18:1 <i>trans</i> 11	1,51a	9,02b	8,14c
C18:2 o 6 ⁽²⁾	2,13a	2,24a	1,38b
C18:3 o 3 ⁽³⁾	1,04a	0,57b	1,15a
o 6/o 3	2,1	3,9	1,2
CLA ⁽⁴⁾	0,87a	3,86b	3,46b

⁽¹⁾ Índice de aterogenicidad: [(C₁₂ + C₁₄ + C₁₆)/3 insaturados] (Ulbricht y Southgate, 1991). ⁽²⁾ o 6 = C18:2 c9 c12. ⁽³⁾ o 3 = C18:3 c9 c12 c15. ⁽⁴⁾ CLA = C18:2 *cis*-9, *trans*-11. a, b, c = diferencia significativa entre promedios dentro de una misma línea.

Fuente: INRA Clermont-Ferrand Theix, 2001 (no publicado).

girasol y +298% con el lino). Las concentraciones de CLA en leche resultaron muy elevadas en comparación al tratamiento control sin diferencias significativas entre ambos tipos de aceite. Una ventaja del aceite de lino sobre el de girasol reside en la importante disminución en la relación 06/03 de la leche y la mayor concentración de 03 (+102%) lo que resulta de interés debido a las propiedades antiaterogénicas de la familia de los ácidos grasos denominados 03.

6.4. Combinación silaje de maíz y girasol linoleico.

En un marco de alimentación de las cabras con forrajes conservados resulta también interesante conocer la respuesta obtenible en términos de perfil lácteo de ácidos grasos cuando se utiliza al silaje de maíz. Los resultados obtenidos utilizando silaje de maíz como forraje más una suplementación lipídica al 6,1% del consumo de materia seca con aceite de girasol alto linoleico (18% de $C_{18:1\ n-9}$, 70% de $C_{18:2\ n-6}$) o con aceite de lino (19% de $C_{18:1\ n-9}$, 16% de $C_{18:2\ n-6}$ y 49% de $C_{18:3\ n-3}$) se presentan en el Cuadro 10.

El consumo total de materia seca resultó superior en el tratamiento control (+7,8%) con una menor relación forraje/concentrado (39/61 vs 45/55) sin diferencias en el balance energético calculado. Los resultados de respuesta productiva fueron diferentes según el tipo de aceite utilizado. El aceite de lino no tuvo efecto sobre la producción de leche pero aumentó la concentración (+3,9 g/kg) y la secreción de materia grasa (+15 g/d). El aceite de girasol aumentó levemente la producción de leche (+2,97%), no modificó ni la concentración ni la secreción de grasa y aumentó levemente la secreción de proteína (+3,92%). No se detectó ningún efecto significativo sobre la lipólisis post ordeño de la leche.

Un resumen del perfil de AG obtenido en la leche se presenta en el Cuadro 11.

La suplementación lipídica redujo la concentración de AG de cadena media ($C_{10:0}$ a $C_{16:0}$) y aumenta la proporción de los ácidos grasos C_{18} . El incremento del $C_{18:1\ trans-11}$ respecto al control resultó superior con el aceite de girasol (+626%) en comparación al de lino (+358%). El incremento promedio del CLA fue de +321% sin diferencia entre ambos

CUADRO 10: Aporte de aceite de girasol linoleico o de aceite de lino a cabras lecheras alimentadas con silaje de maíz.

Table 10: Effects of sunflower linoleic oil or linseed oil supplementation to dairy goats fed corn silage as forage.

Tratamientos	Control	Girasol	Lino
Silaje de maíz, kg MS	0,86	0,94	0,92
Concentrados, kg MS	1,35a	1,00b	1,00b
Aceite, kg/d	0a	0,126b	0,126b
Consumo total, kg MS	2,21a	2,07b	2,05b
Balance energético ⁽¹⁾	0,54	0,56	0,44
Leche, kg/d	3,37a	3,62b	3,47ab
Grasa, kg/d	0,107a	0,114b	0,122b
Grasa, %	3,14a	3,16a	3,53b
Proteína, kg/d	0,102a	0,109b	0,106ab
Proteína, %	3,04	3,02	3,08
Lactosa, %	4,65a	4,85b	4,88b
Lipólisis, ⁽²⁾	0,43	0,37	0,35

⁽¹⁾ Mcal Enl. ⁽²⁾ gramos de ácido oleico/100 gramos de grasa.

a,b,c Dentro de fila los promedios con distinta letra difieren entre sí ($p < 0,05$).

CUADRO 11: Efecto del aporte de aceite de girasol linoleico o de aceite de lino sobre el perfil de ácidos grasos de la leche en cabras alimentadas con silaje de maíz.

Table 11: Effects of sunflower linoleic oil or linseed oil supplementation on milk fatty acid profile in dairy goats fed corn grain as forage.

Tratamientos	Control	AGL	AL
C4:0	2,38a	2,56ab	2,72b
C6:0	2,47	2,22	2,44
C8:0	2,74a	2,19b	2,54a
C10:0	10,6a	6,9b	8,1c
C12:0	5,7a	3,1b	3,5c
C14:0	12,1a	8,1b	8,4b
C16:0	29,9a	18,8b	18,6
C4 + C6 + C8	7,59	6,97	7,70
C10 + C12 + C14	28,4a	18,1b	20,0c
IA ⁽¹⁾	3,9a	1,4b	1,5b
C18:0	4,9a	9,0b	8,2c
C18:1 <i>trans</i> -11	1,17a	8,50b	5,36c
C18:2 o 6 ⁽²⁾	2,41a	3,01b	1,92c
C18:3 o 3 ⁽³⁾	0,19a	0,15a	0,69b
o 6/o 3	12,7	20,1	2,8
CLA ⁽⁴⁾	0,87a	3,86b	3,46b

⁽¹⁾ Índice de aterogenicidad: $[(C_{12} + C_{14} + C_{16})/3 \text{ insaturados}]$ (Ulbricht y Southgate, 1991). ⁽²⁾ o 6 = C18:2 c9 c12. ⁽³⁾ o 3 = C18:3 c9 c12 c15.

⁽⁴⁾ CLA = C18:2 *cis9trans11*

Fuente: INRA Clermont-Ferrand Theix, 2002 (no publicado).

aceites. La relación o 6/o 3 resultó alta en los tratamientos control y girasol alto linoleico comparadas con el trabajo realizado con heno como forraje de base (Cuadro 9). El aceite de lino volvió a demostrar su eficacia a la hora de incrementar los ácidos grasos o -3 (C_{18:3} c9 c12 c15) y disminuir la relación o 6/o 3. La variación descrita de estos parámetros resulta altamente saludable para el ser humano. El índice de aterogenicidad vuelve a ser favorablemente modificado por el aporte de aceites insaturados a la ración de las cabras sin diferencias significativas entre el girasol y el lino. Si tomamos en forma global todos los resultados obtenidos, el aceite de lino induce la mejor calidad nutracéutica del producto al elevar simultáneamente los contenidos de CLA y de o 3, reducir la relación o 6/o 3 y el índice de aterogenicidad de la leche.

El efecto de la suplementación con aceites sobre la expresión de los genes de las enzimas clave de la lipogénesis mamaria se presenta en el Cuadro 12.

La suplementación con aceites de girasol y lino no tuvo efectos significativos sobre la cantidad de los ARNm correspondientes a las enzimas acetil CoA carboxilasa y estearil CoA desaturasa. Se observó una tendencia hacia una mayor expresión de los genes asociados a la lipoproteína lipasa y a la sintetasa de ácidos grasos. Las actividades de ambas enzimas fueron significativamente incrementadas por la suplementación por el aceite de girasol. El aumento en la actividad de la LPL es coherente con la mayor concentración (y secreción) láctea de los ácidos grasos de cadena larga (C₁₈) y al aumento de los triglicéridos plasmáticos circulantes observados ante el aporte de

CUADRO 12: Valores relativos de los ARNm de las enzimas lipoproteína lipasa (LPL), acetil CoA carboxilasa (ACC), sintetasa de los ácidos grasos (FAS) y de la estearil CoA desaturasa (SCD) en la glándula mamaria de cabras alimentadas con silaje de maíz suplementadas o no (Control) con aceite de lino o de girasol linoleico al 5,5% de la MS dietaria.

Table 12: Relative values of mRNA for the lipoprotein lipase (LPL), acetyl CoA carboxylase (ACC), fatty acid synthetase (FAS) and stearyl CoA desaturase (SCD) in the mammary gland of goats fed corn silage and supplemented or not (Control) with linseed or sunflower oils at 5,5% of dietary DM.

	Control	Girasol	Lino
LPL	5,78 ± 3,24 ^x	9,73 ± 1,96 ^y	9,63 ± 3,29 ^y
ACC	0,79 ± 0,34	1,02 ± 0,35	1,01 ± 0,36
FAS	2,73 ± 0,63 ^x	4,86 ± 1,97 ^y	4,31 ± 2,49 ^y
SCD	15,6 ± 6,11	15,9 ± 6,80	18,1 ± 7,94

Cada valor (promedio ± desvío estándar) corresponde a la relación entre los ARNm del gen de interés/ARNm de la ciclofilina o gen de referencia.

^{x, y, z}: (p < 0,06).

Fuente: INRA Clermont-Ferrand Theix, 2002 (no publicado).

lípidos. En cambio, el aumento en la actividad de la sintetasa de ácidos grasos (FAS) no resultó coherente con la disminución en la concentración y secreción láctea de los ácidos grasos de cadena corta a media (C₄ a C₁₆). La ausencia de efecto del aporte de aceite sobre la expresión de los genes y la actividad **in vitro** de la desaturasa (SCD) fue un resultado no esperado ya que se observaron disminuciones significativas en las relaciones en leche entre el isómero precursor no saturado y el insaturado (Ej: C_{18:2} *cis*-9, *trans*-11/C_{18:1} *trans*-11 + C_{18:2} *cis*-9, *trans*-11) reflejando una mayor actividad de la desaturasa **in vivo**.

La lipólisis de la leche es consecuencia de la hidrólisis de los triglicéridos contenidos en el glóbulo graso lo que genera presencia de ácidos grasos libres. El término lipólisis espontánea se refiere al fenómeno que tiene lugar en leche enfriada y/o almacenada (4EC, a pH natural de la leche y en presencia de los biocompuestos normales de la leche) y es consecuencia de la actividad LPL de la leche. El desarrollo del gusto particular de la leche de cabra (*flavor*) es justamente debido a la presencia de ácidos grasos libres de C₆ a C₉ y más específicamente los ácidos grasos volátiles ramificados C₉ y C₁₀ bajo la forma de 4-metil y 4 etil-C₈ (Ha y Lindsay, 1993; Lamberett, Delacroix-Buchet y Degas, 2001). El aporte de

aceites como el de girasol (oleico y linoleico) o de lino disminuye la actividad LPL en la leche y también la lipólisis espontánea en cabras alimentadas con silaje de maíz o heno como ración de base. Existe una correlación negativa entre la saborización o *flavor* de la leche de cabra y el contenido de ácidos grasos poliinsaturados. Se ha hipotetizado que la lipólisis espontánea resultaría menor en los animales suplementados con aceite a causa de una migración de la LPL hacia la membrana basal de la célula secretora. Esa migración resulta necesaria a fines de hidrolizar y capturar a los AG transportados en los triglicéridos plasmáticos (Chilliard y otros, 2003).

En una ración a base de silaje de maíz como forraje, el aceite de girasol alto linoleico resulta tan efectivo como el de lino para aumentar los niveles basales de CLA en leche. Nuevamente surge con claridad la ventaja del aceite de lino sobre el de girasol en lo que respecta a lograr incrementos en los ácidos grasos saludables llamados o3 y en la obtención de una más baja relación o6/o3 en la leche. Este último aspecto resultó particularmente importante cuando se utilizó silaje de maíz como base forrajera de la ración. El índice de aterogenicidad de la leche es favorablemente disminuido ante la inclusión de aceites vegetales a la ración de las cabras. Los resulta-

dos presentados demuestran con claridad el enorme impacto que el manejo nutricional de la cabra tiene sobre la composición en ácidos grasos de la leche producida y por lo tanto sobre sus propiedades saludables sobre la salud humana.

7. Conclusiones

Desde el punto de vista de salud humana y calidad del producto la importancia de los trabajos revisados puede sintetizarse en los siguientes aspectos :

- En la cabra, la utilización de forraje fresco no sería un factor necesario ni excluyente a fines de obtener leches de calidad diferenciada por sus propiedades benéficas sobre la salud humana (anti-aterogénicas y anti-cancerígenas).
- La suplementación estratégica de la cabra es una poderosa herramienta al alcance del productor para obtener leches y derivados lácteos diferenciados por sus propiedades benéficas para el ser humano.
- La suplementación con ácidos grasos poliinsaturados permite obtener una importante disminución del índice de aterogenicidad de la leche de cabra. Un bajo índice de aterogenicidad es un indicador de una buena calidad nutricional de la leche.
- Dicha suplementación permite lograr un incremento de la concentración de CLA (efecto anticancerígeno) en leche y de su isómero precursor el ácido *trans*-vaccénico. Puesto que todo incremento en el contenido de CLA en leche (isómero C_{18:2} *cis*-9, *trans*-11) estuvo sistemáticamente acompañado de un incremento del isómero *trans*-11 C_{18:1} resultará importante evaluar el efecto de ambos ácidos grasos en forma conjunta sobre la salud de los consumidores.
- Los aceites de girasol y de lino suministrados tal cual resultan más eficaces que las semillas oleaginosas para aumentar las concentraciones de CLA y de ácido vaccénico en leche.
- La utilización de aceite de lino presenta la ventaja adicional de poder modificar favorablemente la relación 06/03 y lograr significativos incrementos de los ácidos protectores llamados 03 que presentan un efecto anti-aterogénico en el ser humano.
- El agregado de antioxidantes naturales a la ración como la Vitamina E permitiría mejorar la calidad sensorial de los lácteos obtenidos ante distintas combinaciones de forrajes y suplementos.
- En función a la información presentada y en un marco de obtención de productos lácteos caprinos diferenciados por su alto valor para la salud humana raciones a base de forrajes conservados con suplementaciones del orden de 5-6% (base materia seca) de aceite de lino permitirían alcanzar las metas deseadas. Deberemos confirmar experimentalmente la factibilidad práctica de lograrlo y el eventual impacto sobre la calidad sensorial del producto obtenido. Los test sensoriales o de calidad organoléptica de los productos pueden fácilmente ponerse en marcha para concluir sobre la aceptación del producto. Las posibles interacciones aceite/forraje que pudieran existir al utilizar una alimentación base pastoril merecen ser exploradas localmente.

8. Bibliografía

- BAUCHART, D., VERITÉ, R. y RÉMOND, B. 1984. Long-chain fatty acid digestion in lactating cows fed fresh grass from spring to autumn. *Can. J. Anim. Sci.* 64 (Supl.): 330-331.
- BAUMAN, D.E. y GRIINARI, J.M. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: Low milk fat syndrome. *Livest. Prod. Sci.* 70:15-29.

- CHILLIARD, Y., DELOUIS, C., SMITH, M.C., SAUVANT, D. y MORAND-FEHR, P. 1986. Mammary metabolism in the goat during normal or hormonally- induced lactation. *Reprod. Nutr. Dev.* 26, 607-615.
- y DOREAU, M. 1997. Influence of supplementary fish oil and rumen-protected methionine on milk yield and composition in dairy cows. *J. Dairy Res.* 64:173-179.
- , FERLAY, A., MANSBRIDGE, R.M. y DOREAU, M. 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.* 49, 181-205.
- , FERLAY, A. y DOREAU, M. 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Liv. Prod. Sci.*, 70,31-48.
- , CHABOSSEAU, J.M., ROUEL, J., CAPITAN, P. GOMINARD, C., GABORIT, P., JUANÉDA, P. y FERLAY, A. 2002. Interactions between forage nature and sunflower or linseed oil supplementation on goat milk fatty acids of interest for human nutrition. Multi-function grasslands: Quality forages, animal products and landscapes. J.L. Durand, J.C Emile , C. Huyghe and G. Lemaire eds. *Proc. 19th Gen. Mtg. Of the Eur. Grassl.. Fed. La Rochelle, France, 27-30 May 2002, Grassl. Sci. Eur.* 7, 548-549.
- , FERLAY, A., ROUEL, J. y LAMBERET G. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science*, 86, 1751-1770.
- , BERNARD, L., ROUEL, J. y FERLAY, A. 2004. Effet de l'alimentation et de sa composition en matière grasse sur la qualité du lait et des produits laitiers caprins (aptitude technologique, qualité sensorielle) et la production d'acides gras présentatnt un avantage pour la santé du consommateur. *Compte rendu de fin de recherche d'opération d'une recherche financée par le Ministère de la Recherche. Décisions d'aide N° OPO205 (INRA) et OPO205 (ITPLC).*
- DHIMAN, T.R., ANAND, G.R., SATTER, L.D. y PARIZA, M.W. 1999. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 82: 2146-2156.
- , SATTER, L.D., PARIZA, M.W., GALLI, M.P. ALBRIGTH, K. y TOLOSA, M.X. 2000. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acids. *J. Dairy Sci.* 83, 1016-1027.
- GAGLIOSTRO, G.A. y CHILLIARD, Y. 1992. Revisión bibliográfica. Utilización de lípidos protegidos en nutrición de vacas lecheras. 1. Efecto sobre la producción y la composición de la leche y sobre la ingestión de materia seca y energía. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 12 (1):1-15.
- , 2001. Los Nutrientes Bypass en la Alimentación de la Vaca Lechera. Publicaciones INTA EEA Balcarce. 200 páginas.
- GRIINARI, J.M., DWYER, D.A., MCGUIRE, M.A., BAUMAN, D.E., PALMQUIST, D.L. y NURMELA, K.V.V. 1998. Trans octadecaenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 81, 1251-1261.
- y BAUMAN, D.E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. Pages 180-200 en *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research. Volume 1.* M.P. Yurawecz, M.M. Mossoba, J.K.G. Framer, M.W. Pariza and G.J. Nelson, eds. AOCs Press, Champaign, IL.
- HA, J.K. y LIDSAY, R.C. 1993. Release of volatile branched-chain and other fatty acids from ruminant milk fats by various lipases. *J. dairy Sci.* 76, 677-690.
- HU, F.B, STAMPFER, M.J. MANSON, J.E., ASCHRE- RIO, A., COLDIZT, G.A. y SPEIZER, F.E. 1999. Dietary saturated fats and their food sources in relation to the risk of coronary heart disease in women. *J. Clin. Nutr.*, 70:1001-1008.
- IP, C., BANNI, S., ANGIIONI, E. CARTA, G., MCGINLEY, J., THOMPSON, H.J., BARBANO, D. y BAUMAN, D. 1999. Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. *J. Nutr.* 129:2135-2142.
- JAHREIS, G., FRITSCHE, P., MÖCKEL, P., SCHÖNE, F., MÖLLER, U. y STEINHART, H. 1999. The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, cis-9, trans-11 C18:2, in milk of different species: cow, goat, ewe, sow, mare, woman. *Nutr. Res.* 19, 1541-1549.
- JENSEN, R.G. 2002. The composition of bovine milk lipids: january 1995 to december 2000. *J. Dairy Sci.* 85, 295-350.

- KELLY, M.L., BERRY, J.R., DWYER, D.A., GRIINARI, J.M., CHOUINARD, P.Y., Van AMBURGH, M.E. y BAUMAN, D.E. 1998. Dietary fatty acids sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J. Nutr.* 128, 881-885.
- KITESSA, S.M., GULATI, S.K., ASHES, J.R., FLECK, E., SCOTT, T.W. y NICHOLS, P.D. 2001. Utilization of fish oils in ruminants. II. Transfer of fish oil fatty acids into goat's milk. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 89:201-208.
- LAMBERET, G., DELACROIX-BUCHET, A. y DEGAS, C. 2001. Intensité de la lipolyse initiale des laits de chèvre et perception de l'arôme «chèvre» dans les fromages. Pages 130-139 in Proc. Technical Symp. 7th Int. Conf. Goats: Recent Advances on Goat Milk Quality, raw material for cheese making. (ITPLC Ed.). Poitiers, France, 20 de mayo de 2002.
- LAWLEES, F., MURPHY, J.J., HARRINGTON, D., DEVERY, R. y STANTON, C. 1998. Elevation of conjugated cis-9, trans-11 octadecadienoic acid in bovine milk because of dietary supplementation. *J. Dairy Sci.* 81:3259-3267.
- MORALES, M.S., PALMQUIST, D.L. y WEISS, P.W. 2000. Milk fat composition of Holstein and Jersey cows with control or depleted copper status and fed whole soybeans or tallow. *J. Dairy Sci.* 83, 2112-2119.
- OFFER, N.W., MARSDEN, M., DIXON, J., SPEAKE, B.K. y THACKER, F.E. 1999. Effect of dietary fat supplements on levels of n-3 polyunsaturated fatty acids, trans acids and conjugated linoleic acid in bovine milk. *Anim. Sci.* 69, 613-625.
- PARODI, P.W. 1999. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *J. Dairy Sci.* 82, 1339-1349.
- SALMINEN, I., MUTANEN, M. JAUHAINEN, M. y ARO, A. 1998. Dietary trans fatty acids increase conjugated linoleic acid levels in human serum. *J. Nutr. Biochem.* 9:93-98.
- SAUVANT, D., CHILLIARD, Y. y MORAND-FEHR, P. 1991. Etiological aspects of nutritional and metabolic disorders of goats in Goat Nutrition. P. Morand Fehr (ed.) , Pudoc, Wageningen (NLD), EAPP Publ. NE 46: 124-142.
- SCHREZENMEIR, J. y JAGLA, A. 2000. Milk and diabetes. *Journal of the Am. College of Nutrition*, 19 (2), 176s-190s.
- SCHROEDER, G.F., DELAHOY, J.E., VIDAURRETA, I., BARGO, F., GAGLIOSTRO, G.A. y MULLER, L.D. 2003. Milk fatty acid composition of dairy cows fed a total mixed ration or grazing pasture and supplemented with concentrates replacing corn grain with fat. *J. Dairy Sci.* 86,3237-3248.
- SÉBÉDIO, J.L., GNADEIG, S. y CHARDIGNI, J.M. 1999. Recent advances in conjugated linoleic acid research. Current opinion in clinical nutrition and metabolic care, 2, 499-506.
- STANTON, C., MURPHY, J., McGRATH, E. y DEVERY, R. 2003. Animal feeding strategies for conjugates linoleic acid enrichment of milk. In: Advances in Conjugated Linoleic Acid in Food. Volume 2. J.L Sébédio, W.W. Christie, R. Adloff (Eds.). AOCS Press, Champaign, Illinois. Pp 123-145.
- TURPEINEN, M.A., MUTANEN, M. ARO, A., SALMINEN, I., BASU, S. PALMQUIST, D.L. y GRIINARI, J.M. 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *Am. J. Clinical Nutr.* 76, 504-510.
- ULBRITCH, T.L.V. y SOUTHGATE, D.A.T. 1991. Coronary heart disease : seven dietary factors. *Lancet* 338, 985-992.