

La producción de leche con propiedades funcionales puede proporcionar un valor añadido a los productores, en un momento en que este tipo de alimentos goza de una gran demanda.

# La leche como alimento funcional (y II)

## Producción en las granjas de origen

P. J. Alvarez Nogal.

Dpto. de Producción Animal de la Universidad de León.

Tras definir, en nuestro número anterior (*MG* nº 170) el concepto de alimentos funcionales, entre los que se pueden incluir la leche enriquecida con ácidos omega-3 o con conjugados del ácido linoleico (CAL) y cómo se puede modificar el perfil graso de la leche, en el presente artículo se abordan las particularidades de su producción en la granja.

### Leche enriquecida con ácidos omega-3 ( $\alpha$ -linolénico, EPA y DHA)

De los tres ácidos omega-3 citados, el único que aparece en la grasa de la leche producida por vacas consumiendo cualquiera de los alimentos clásicos de origen vegetal es el  $\alpha$ -linolénico, si bien lo hace en cantidades invariablemente minúsculas debido al efecto rebajante de la hidrogenación ruminal. Hay una excepción al respecto representada por las semillas de lino, cuyo aceite es especialmente rico en  $\alpha$ -linolénico (50-55% de los AG) susceptible de ser traspasado a las rutas metabólicas de síntesis de la grasa láctea gracias al mecanismo de protección natural de que gozan las semillas oleaginosas, pero siempre con la incertidumbre de no saber hasta qué punto así acontece.

Así, un hipotético enriquecimiento de la leche con  $\alpha$ -linolénico resulta más fiable basarlo en el suministro a las vacas de compuestos grasos protegidos, como de hecho se ha comprobado cuando su ración alimenticia se suplementa con aceite de lino ya sea encapsulado o en forma de jabones (Scott, 1970), con una mezcla de semillas de soja y de colza igualmente encapsuladas (Ashes et al., 1997) y asimismo con semillas de soja tostadas y laminadas (Doreau et al., 1999). No parece justificado poner en práctica esta estrategia de enriquecimiento con el propósito de elevar la concentración de sólo uno de los tres ácidos omega-3.

Los únicos suplementos grasos ricos en ácidos omega-3, sobre todo en EPA y DHA,

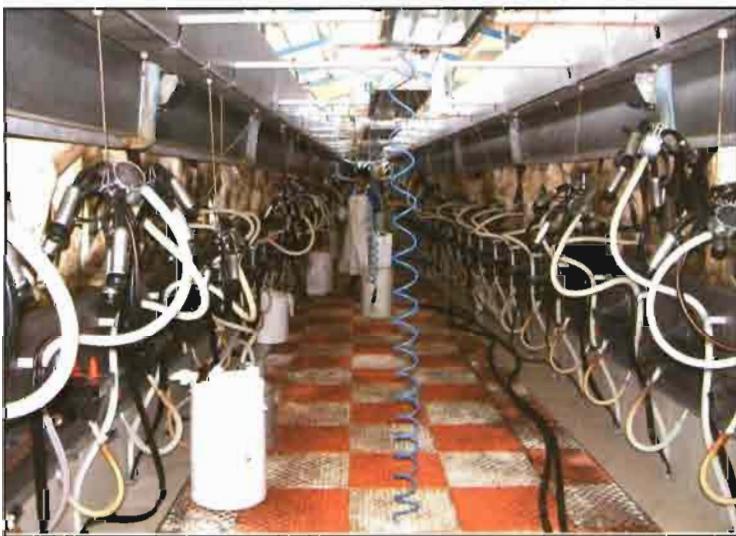
son los aceites de pescado (o incluso de algas, pero en ambos casos de agua salada, de ahí su denominación también de aceites marinos), a cuya incorporación en la ración de las vacas se supedita por consiguiente, la posibilidad real de producir leche enriquecida en dichos ácidos (su presencia en la leche estándar se hace indetectable) siguiendo una estrategia alimenticia. Los resultados de pruebas realizadas con hembras lactantes (vacas, ovejas y cabras) a las que se suministra algún tipo de aceite marino apuntan en la misma dirección: el traspaso, en efecto, a la grasa de la leche de parte de los ácidos omega-3 ingeridos, un traspaso que sin embargo se ve empañado por la baja eficiencia del mismo, estimada en no más allá del 3-5% (Ashes et al., 2000; Chilliard et al., 2001). Dentro de la controversia existente respecto de cómo discurre la hidrogenación ruminal del EPA y del DHA, un hecho unánimemente aceptado es que la saturación no llega a su estadio final, lo que se traduce en una abundante presencia de isómeros trans-C18:1 (Chilliard et al., 2001). Es notorio dentro de éstos el predominio del ácido vacénico (75-80% del total), con el be-

*Hay que avanzar en el conocimiento de los procedimientos para enriquecer la leche con ácidos omega-3*

VACUNO

neficio que ello reporta, pero en términos cualitativos conviene destacar asimismo la formación de trans-10C18:1 y trans-9C18:1 (Franklin et al., 1999) por sus negativas implicaciones. Otro hecho contrastado en las experiencias evaluadoras de los efectos de los aceites marinos es el acusado descenso que provocan en el contenido graso de la leche, creyéndose que pueda estar motivado bien por los propios EPA y DHA absorbidos, bien por metabolitos intermedios de la hidrogenación como el trans-10C18:1 o algún otro (Doreau et al., 1999; Chilliard

reducir la presencia de la mayoría de los AGS, en especial de los ácidos palmítico y esteárico (Chilliard et al., 2001). Es ésta una modificación que no puede pasarse por alto toda vez que al disminuir el grado de saturación, al tiempo que aumenta el de insaturación, se está rebajando el punto de fusión de la grasa producida. La mantequilla elaborada a partir de la grasa así alterada se muestra más blanda a temperaturas de refrigeración y resulta más cómoda de untar, pero también es cierto que se derrite más fácilmente y adquiere una mayor



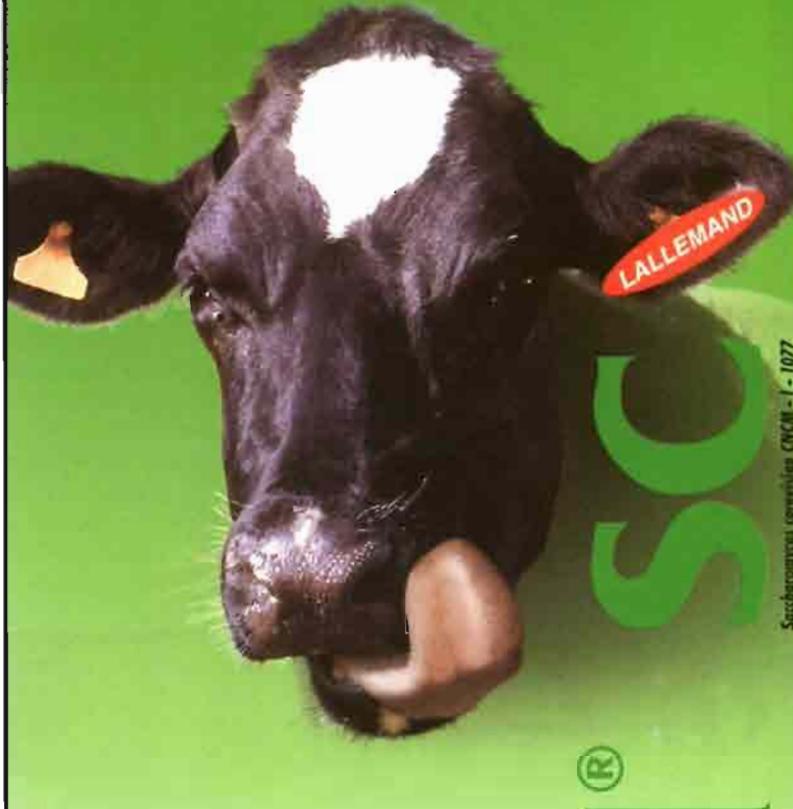
et al., 2001). Sobre el trans-9C18:1 o ácido elaiídico pesan sospechas de que pueda incrementar el riesgo de ECV (Salter et al., 2001).

Es lógico preguntarse qué ocurre tras la administración de aceites marinos protegidos. Teóricamente deberían, por un lado, mejorar la eficiencia de paso de los ácidos omega-3 a la leche y, por otro, mitigar los inconvenientes apuntados cuyo origen radica en el proceso de hidrogenación ruminal. La realidad es que los procedimientos de protección muestran para estos aceites en particular una eficacia tan variable como impredecible, de ahí que las respuestas se equiparen a las obtenidas con aceites desprotegidos (Franklin et al., 1999).

Además de cuanto se ha dicho, debe añadirse que la inclusión de aceites marinos en la ración trae consigo una alteración del perfil de AG de la grasa láctea en el sentido de

sensibilidad a las reacciones de autooxidación responsables de la aparición de sabores anormales. Es éste último es un problema de escasa envergadura puesto que existe una solución, o mejor una forma de prevención, tan sencilla como añadir una dosis determinada de vitamina E a la ración de las vacas productoras (Ashes et al., 1997).

No podemos terminar esta valoración del enriquecimiento de la leche en ácidos omega-3 mediante el suministro de aceites marinos, sin citar la posibilidad, aunque remota, de que haya una transmisión de sabores extraños a la leche. Y sin reparar en algo que no es precisamente baladí hoy día, la mala imagen que a los ojos de los consumidores pueda suponer dar de comer a las vacas lecheras un alimento tan poco natural para ellas como un aceite de pescado, aún informándoles que bastan muy



## LA CLAVE DE UNA BUENA DIGESTIÓN

studio Ocre june . 02 97 46 10 56



**LALLEMAND**

LALLEMAND BIO, SL

Telf. : (34) 93 241 33 80 / Fax : (34) 93 202 00 41  
Distribuidor premezclas: LAB. KARIZOO, S.A. T: (34) 93 865 41 48

bajos niveles de inclusión en la ración (200-300 g/día) para conseguir enriquecer la leche.

A la vista de los pros y los contras que concurren en la única estrategia alimenticia válida para aumentar la presencia en la leche de los tres principales ácidos omega-3, y a la espera de avanzar en el conocimiento y comprensión de los hechos fisiológicos subyacentes, no parece resultar lo suficientemente atractiva por el momento como para plantear su puesta en práctica en granjas comerciales. Y menos aún sabiendo que ya han aparecido en escena leches enriquecidas

cual hay que aceptarlo como una forma más de diversificación de la oferta de leche (fresca o como derivados lácteos) en busca de un mayor consumo, todo lo cual repercute sin duda en beneficio de un sector productivo que aglutina a un número importante de ganaderos de nuestro país.

### Leche enriquecida en conjugados del ácido linoléico (CAL)

Echando un vistazo al cuadro III pocas dudas caben respecto de cuáles son las principales, por no decir casi únicas, fuentes alimenticias de CAL para el ser humano y de que entre ellas la leche (y sus derivados) están por encima de las carnes. De los CAL identificados en las grasas sintetizadas por los rumiantes, hay uno que claramente predomina sobre los demás, el cis-9,trans-11CAL (ácido ruménico), con unos porcentajes de participación que en el caso de la leche se mueven entre el 80 y el 90% del total, mientras que en la carne giran alrededor del 75% (McGuire y McGuire, 2000; Bauman et al., 2001). Téngase en cuenta el tipo de ración que acostumbra a suministrarse al ganado vacuno de engorde, una ración sumamente concentrada –con el aporte de fibra justo– que da lugar a un patrón característico de fermentación ruminal en el que se propicia la hidrogenación de los AGPI conforme a la ruta alternativa, que sabemos conduce a la formación del trans-10,cis-12CAL en perjuicio del cis-9,trans-11CAL.

Desde hace unos años se dispone de CAL sintéticos entre los que aparece el ácido ruménico de turno junto con otros isómeros de composición imprecisa cuyas acciones biológicas se ignoran y les colocan bajo sospecha, lo que invita a renunciar al empleo de estos conjugados artificiales basándose en el principio de precaución. Por otro lado, sustancias naturales con efectos anticancerígenos a buen seguro que existen, pero pocas han sido las identificadas por el momento, casi todas en recursos vegetales y a muy bajas

concentraciones. Todo ello coloca en situación de prominencia a la leche: es la fuente natural más rica en cis-9,trans-11CAL, del que se tiene constancia de su capacidad para inhibir la carcinogénesis en animales de laboratorio (véase más adelante). No menos interesante es el hecho de que gran parte del ácido ruménico presente en la leche cruda va a aparecer también en los derivados lácteos, ya que consigue mantenerse relativamente estable a pesar del manufacturado implícito en los procesos de fabricación y del posterior tiempo de almacenamiento (Jensen, 2002).

Conocemos el doble origen de los CAL presentes en la grasa de la leche (y en la grasa corporal también): una parte proviene de los CAL formados en el transcurso de la hidrogenación ruminal de los AGPI y de la que se liberan entre medias, llegando al intestino delgado donde se absorben; otra, la más importante desde un punto de vista cuantitativo (Chouinard et al., 2001), de la síntesis endógena a partir del trans-11C18:1 absorbido después de escapar igualmente de las rutas de la hidrogenación. La producción ruminal de CAL y de trans-11C18:1 depende de tres factores, a saber, de la cantidad de sustratos precursores (AGPI) que llegan al rumen, de la iniciación y el asentamiento de la ruta ordinaria de hidrogenación y finalmente de la inhibición de la compleción de dicha ruta tal que se produzca la acumulación de ácido vacénico, y tanto este tercer factor como el segundo dependen del tipo de actividad microbiana instalada en el rumen. Los tres factores vinculan claramente a la alimentación, la principal responsable en definitiva de la amplia variación existente en el contenido de CAL en la leche y el principal instrumento de que se dispone por lo tanto para consumir el enriquecimiento que nos ocupa.

La estrategia alimenticia más sencilla es la que prescinde de cualquier suplemento graso y recurre únicamente a ingredientes convencionales



**CUADRO III. Contenido en CAL (mg/g de grasa total) de diferentes alimentos humanos (adaptado de Newbold et al., 2001).**

Alimentos provenientes de animales rumiantes	Otros alimentos (origen animal/vegetal)
Leche (de vaca)	5,4 - 7,0
Queso	2,9 - 7,1
Mantequilla	4,7
Nata	4,6
Carne de vacuno (rosada)	2,9 - 4,3
Carne de vacuno (blanca)	2,7
Carne de cordero	5,6
Sebo de vacuno	2,6
Carne de pollo	0,9
Carne de cerdo	0,6
Carne de pavo	2,5
Pescado	0,3 - 0,6
Yema de huevo	0,6
Aceite de oliva	0,2
Aceite de maíz	0,2
Aceite de girasol	0,4

mediante procedimientos tecnológicos. Se tratan, en esencia, de añadir a la leche natural ácidos omega-3 extraídos industrialmente de sus fuentes naturales (pescados y algas). Sin embargo tal procedimiento tecnológico tampoco escapa a las dudas y los recelos de los consumidores, sobre todo aplicándose a uno de los alimentos más sanos y naturales de que todavía disponen. En manos de los fabricantes está rodearlo de la seguridad y credibilidad necesarias, logrado lo

con su particular contenido lipídico. Las vacas que pastan producen la leche más rica en CAL gracias a la abundancia de los ácidos linoleico y linolénico en la hierba fresca, unos ácidos que sufren una merma importante a raíz de la henificación y el ensilado (Chilliard et al., 2001). Cuando a través de una ración completa (forraje y concentrado) se proporciona a las vacas la misma cantidad de AGPI que aporta una ración a base de pastos, la cuantía de CAL en la grasa de la leche no coincide, siendo superior en el segundo caso (Bauman et al., 2001). Se piensa que pueda haber algún componente desconocido en los pastos capaz de espolpear la actividad microbiana ruminal

### La riqueza en conjugados del ácido linoléico de la leche es mayor en vacas explotadas en régimen de pastoreo

en el sentido de favorecer una producción sostenida de trans-11C18:1; ello ayuda a entender que en algunos casos la concentración de CAL en la leche de vacas en pastoreo haya alcanzado los 22 mg/g grasa (Dhiman et al., 1999), muy por encima de los 7 mg recogidos en la tabla. Hechos como éste permiten capitalizar, aún más, la producción de leche a partir de vacas explotadas en régimen de pastoreo.

Tratándose de vacas estabuladas sin acceso a los pastos, el enriquecimiento es posible mediante el suministro de suplementos grasos, algunos de los cuales se utilizan también con el fin de incrementar la densidad energética de las raciones para vacas lecheras de alto nivel de producción. Mucha de la información al respecto gira alrededor de tres clases de suplementos: sales cárnicas de aceites vegetales (jabones), semillas de oleaginosas procesadas tecnológicamente (sometidas a extrusión o tratadas con calor) y aceites marinos. Todas garantizan el necesario aporte de AGPI para que sobre éstos se inicie y desarrolle la hidrogenación conforme a las secuencias ya conocidas. Tanto en el caso de los jabones como de las semillas procesadas, la lentitud con que los AGPI se ponen a disposición de los microorganismos ruminantes parece crear unas condiciones propicias para la acumulación de trans-11C18:1 y el subsiguiente incremento en la síntesis endógena de cis-9,trans-11CAL; lo mismo que ocurre con los aceites marinos pero por causas más inciertas todavía sin aclarar (Bauman et al., 2001; Chouinard et al., 2001). Sólo estableciendo comparaciones con los resultados obtenidos cuando las vacas consumen raciones estándar (control) sin ninguno de estos suplementos, es posible cuantificar el grado de enriquecimiento alcanzado en cada caso, como así han hecho Chouinard et al. (2001). Los aceites vegetales multiplican hasta 4-6 veces la concentración de CAL en la grasa de la leche, correspondiendo el mayor efecto multiplicador a las sales cárnicas del aceite de lino y después a las del aceite de soja. Las semillas de oleaginosas duplican o triplican la concentración inicial de CAL, arrojando los mejores resultados las semillas (soja, algodón, colza) sometidas a extrusión. El efecto multiplicador de los aceites marinos oscila alrededor de tres y se acompaña de un enriquecimiento simultáneo en ácidos omega-3, pero con el inconveniente ya señalado del acusado descenso que provocan en el porcentaje graso de la leche.

Hay constancia (Bauman et al., 2000) de haberse elaborado mantequilla enriquecida en CAL, lógicamente a partir de leche enriquecida al efecto mediante una fórmula tan sencilla como la administración a las vacas de una ración típica (ensilado de maíz, grano también de maíz, harina de soja acompañada de otros nutrientes proteicos y los correctores vitamínicos y minerales) complementada con aceite de girasol (65% de ácido linoleico) no

**ARPON**  
LINEA INSECTICIDA

## NO SE ESCAPA NINGUNA



Acaba de forma, rápida, eficaz y segura con:  
**MOSCAS • MOSQUITOS • PULGAS  
Y DEMAS PARASITOS**

**LABORATORIOS  
"ZOTAL"**



Ctra. Nac. 630, Km 809 - Apdo. de Correos 4  
Tlf: 95 439 02 04 - Fax: 95 439 55 16 - C.P. 41900 CAMAS (Sevilla)  
<http://www.zotal.com> e-mail: [zotal@zotal.com](mailto:zotal@zotal.com)

protegido pero añadido a bajos niveles para evitar la lesiva acción de las grasas sobre los microorganismos ruminantes.

Todo ello en el contexto de estudios biomédicos con modelos animales para evaluar la acción anticancerígena de los CAL naturales y contrastarla de paso con la de sus homólogos artificiales. La experiencia se centró alrededor de ratas tratadas con una sustancia carcinógena productora de tumores mamarios y cuya evolución se siguió en tres grupos distintos según consumieran manteca enriquecida, suplementos a base de CAL sintéticos y sólo la dieta control (Ip et al.,

ciado, pasando de los 50 mg/g AG control a los 150 g. La mitad se trata de trans-11C18:1, del que hay indicios de poder transformarse en cis-9,trans-11CAL en los tejidos humanos (Adlof et al., 2000).

Diversas son, por tanto, las estrategias alimenticias válidas y factibles para incrementar de manera sustancial la concentración de CAL en la grasa de la leche. Pero siendo la alimentación el factor más importante de variación de dicha concentración, no es el único, como lo demuestra el hecho de que vacas consumiendo idénticas raciones producen leche con distinto contenido en CAL

cuál caben a su vez dos opciones. La primera se refiere a la creación de animales transgénicos, animales con el genoma modificado en la dirección interesada, en el caso que nos ocupa la inserción del gene que expresa el susodicho enzima. Aún tratándose de una opción teóricamente fundamentada, hoy por hoy no podemos verla más que como lo que es, especulativa y futurista.

La segunda opción encaja dentro de la llamada selección asistida por genes (Clegg et al., 2001), aquella que, localizada la base génica de un determinado rasgo fisiológico, en este caso la actividad del enzima D9-desaturasa, inspira un programa de actuación basado en el empleo como progenitores de los reproductores portadores del o de los genes en cuestión que son traspasados así a la descendencia. El éxito comercial que se vislumbre para la leche enriquecida en CAL condicionará seguramente el interés de los especialistas en genética animal por continuar las investigaciones pertinentes, de cuya evolución y resultados dependerá la consolidación o no del susodicho programa de selección como estrategia genética para enriquecer la leche. Mientras la situación no se clarifique, la única estrategia viable hoy día es la alimenticia.



## Son diversas las estrategias alimenticias válidas para incrementar de manera sustancial la concentración de CAL en la grasa de la leche

1999). Los resultados son ciertamente halagüeños desde el momento en que la incidencia de procesos tumorales fue sólo del 50% en las ratas de los dos primeros grupos en comparación con las restantes, de donde se desprende además que los CAL naturales son tan eficaces como los artificiales en esa labor de contención del avance tumoral. Volviendo al enriquecimiento en sí, podemos plasmarlo en términos numéricos como sigue:

- La concentración de CAL se eleva desde los 5 mg/g AG propios de una leche estándar hasta los 41 g, es decir, unas ocho veces.
- La desagregación de los CAL muestra una muy alta contribución del cis-9,trans-11CAL, exactamente un 91%.
- El incremento en la concentración de los transC18:1 resulta igualmente pronun-

(Bauman et al., 2001). Hay que buscar la explicación en las diferencias en la intensidad de actuación del enzima D9-desaturasa, que en realidad interviene sobre diferentes sustratos, de modo que no sólo condiciona la síntesis endógena de cis-9, trans-11CAL a partir del trans-11C18:1, sino también la conversión de AGS en sus correspondientes insaturados (por ejemplo: del palmitico en palmitoleico, del esteárico en oleico) (Gruñari et al., 2000), lo que quiere decir que contribuye a modular el grado de insaturación de los componentes grasos de la leche. Dicho enzima es producto de un determinado gen, de cuyo nivel de expresión depende la actividad de aquel.

Esto abre las puertas a una nueva forma de estrategia para el enriquecimiento de la leche con CAL, concretamente de orden genético, dentro de la

## A modo de conclusión

La adecuación de la ración alimenticia de las vacas lecheras como estrategia de orden zootécnico para la obtención de leches enriquecidas bien con ácidos omega-3, bien con CAL, no parece resultar suficientemente atractiva en el primer caso en vista de los mejores resultados que al respecto arroja el enriquecimiento mediante tecnología industrial. Por el contrario, la producción de leche rica en CAL parece tener en la antedicha adecuación la herramienta más apropiada hoy día, sin que por ello descartemos la posibilidad de aparición en los mercados de leche enriquecida igualmente conforme el procesado industrial de turno.

Bibliografía en poder del autor.