

Otras alteraciones de la calidad de la leche: lipólisis.

Alteraciones de la calidad de la leche



Alteración de la calidad de la leche por lipólisis

Anna Jubert y Juan Echeverría

Fuente: Guía Solomamitis del asesor en calidad de leche

La lipólisis y la proteólisis en la leche tienen dos orígenes principales: por un lado, **los microorganismos secretan proteasas y lipasas termorresistentes** que se desarrollan durante su conservación en frío, y por otro, si el estado sanitario de la ubre se deteriora aumenta la cantidad de proteasas y **lipasas endógenas** que se filtran de la sangre a la leche, especialmente la plasmina. Asimismo, las células somáticas liberan enzimas que pueden contribuir a estos fenómenos lúcticos en la leche.

La lipólisis es la hidrólisis enzimática (escisión hidrolítica catalizada por enzimas) de la grasa de la leche.

La materia grasa de la leche está constituida fundamentalmente por triglicéridos (98 %). En la lipólisis se produce la hidrólisis enzimática de los triglicéridos por acción de las lipasas, con liberación de ácidos grasos libres (AGL) mono- y diglicéridos, así como glicerol. La liberación de estos compuestos produce un **aumento de la acidez de la leche y una alteración de sus propiedades organolépticas**: confieren sabores desagradables a la leche (sabor jabonoso, amargo, rancio, cetónico) más o menos intensos según el grado de descomposición de la grasa.

Esta alteración de la calidad de la leche puede resultar determinante sobre la calidad final de ciertos productos lácteos como la manteca, la crema y la leche en polvo entera.

La intensificación del sistema de producción asociado al uso de equipamiento de ordeño cada vez más complejo, el enfriamiento y almacenamiento de la leche por periodos de tiempo prolongados, el transporte en cisternas y los numerosos bombeos a los que la leche se somete son algunos de los factores que explican el incremento de esta problemática.

Origen y mecanismos

Normalmente, en la leche cruda no se produce ninguna hidrólisis espontánea, aunque algunas leches individuales tiendan a ello. La lipólisis en la leche está ocasionada fundamentalmente por una **enzima endógena de la leche, la lipoproteína-lipasa**, cuya función normal es la liberación de ácidos grasos de las lipoproteínas y quilomicrones de la sangre. Las condiciones óptimas para la actividad de esta enzima son un pH de alrededor de 8 y una temperatura de 37 °C, a las cuales los cationes divalentes (Ca^{2+}) modulan positivamente la reacción.

En la leche, en condiciones normales, la membrana del glóbulo graso, de naturaleza fosfolipídica y lipoproteica, protege a los triglicéridos de la acción de las enzimas lipolíticas (lipasas). Así pues, la membrana nativa del glóbulo graso le confiere una gran estabilidad como emulsión y protección frente a la lipólisis. El pH de la leche (6,6-6,8) está relativamente lejos del pH óptimo para la actuación de las lipasas (7,5-8). Además, la actividad de la lipasa es debilitada por su asociación u oclusión con las micelas de caseína en la fase acuosa, impidiendo el contacto con la fase grasa, y también por la presencia en la leche de inhibidores de la lipólisis. De esta forma las enzimas lipolíticas naturales de la leche se encuentran perfectamente separadas de los triglicéridos, por lo que **en la leche normal apenas existe la posibilidad de que se produzca lipólisis.**



Pie de foto

Aquellos tratamientos que alteran o modifican la integridad de la membrana del glóbulo graso como la homogeneización, la agitación, los cambios bruscos y repetidos de temperatura, y las posibles modificaciones del pH favorecen que la grasa sea accesible a la lipasa, el proceso enzimático comience y tenga lugar el enranciamiento. Por ello son de gran importancia las condiciones en que se desarrolla el ordeño y los métodos adecuados de recogida, conservación y transporte de leche.

Normalmente la hidrólisis del glóbulo graso se debe a dos clases de lipasas: las que existen de forma natural en la leche –lipasa natural (lipoproteína-lipasa endógena)– y las lipasas producidas por determinados microorganismos –lipasas microbianas–, pero pueden producir tres tipos diferentes de lipólisis: espontánea, inducida y microbiana.

Así pues, **la concentración final de ácidos grasos libres (AGL) en la leche resulta de la suma de los que existen inicialmente en la misma más los producidos por los tres tipos de lipólisis.**

Concentración normal de AGL y defectos de rancidez

El grado de acidez de la grasa láctea es una medida del grado de lipólisis. Este grado de acidez o concentración de ácidos grasos libres (AGL) puede expresarse como:

- Milimoles de ácidos grasos libres por 100 gramos de materia grasa; 1 mmol de AGL/100 g de materia grasa = 1 mEq de AGL/100 g de materia grasa.
- mEq de AGL/litro de leche.
- En acidez oleica por 100 g de materia grasa: 1 mEq/100 g de materia grasa corresponde a 0,28 g de acidez oleica.

El valor normal de ácidos grasos libres (AGL) en la leche es de 0,3-1,0 mEq de AGL /100 g de materia grasa; cuando se eleva por encima de 1,4-1,5 el sabor rancio se hace perceptible .

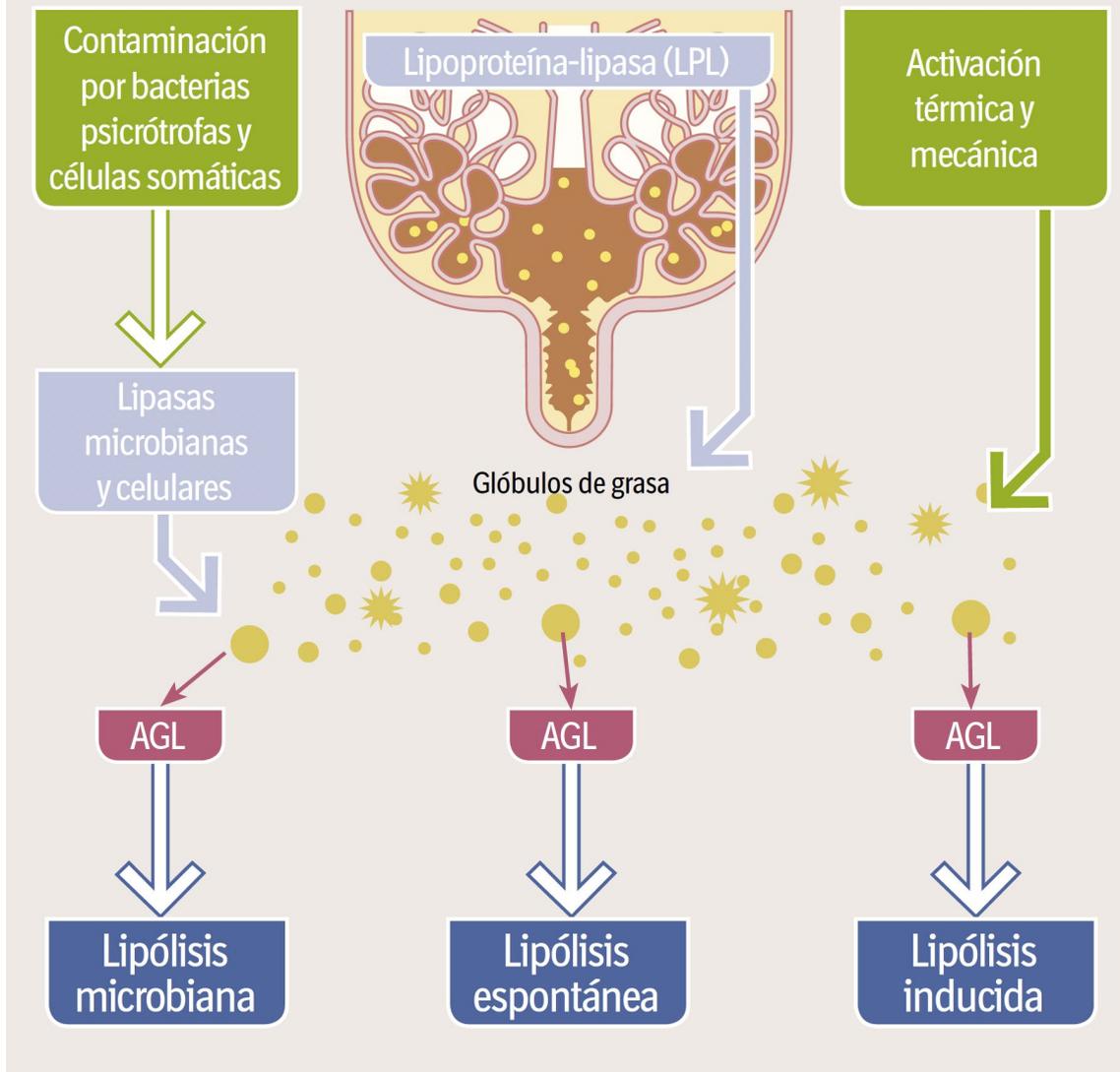
Concentración normal de AGL en la leche y productos lácteos (boletín FIL/IDF 264:1991) y niveles a partir de los cuales se perciben defectos de rancidez.

Productos	AGL (mEq/l de leche o mEq/100 g de materia grasa)	
	Concentración normal	Concentración capaz de producir defectos de rancidez
Leche y leche en polvo	0,3-1,0	1,5-2,0
Crema	0,5-1,2	1,7-2,1
Manteca	0,5-1,0	2,0

Tipos de lipólisis

Si está causada por la actuación de la lipasa natural entonces hablamos de lipólisis espontánea e inducida. En la leche de vaca existe una lipasa natural que proviene de la sangre y pasa a la leche. Esta lipasa hidroliza preferentemente los ácidos grasos cortos y las cadenas laterales. Es termosensible, siendo inactivada por tratamientos de la leche a 60 °C durante 15 minutos o a 74 °C durante 15 segundos. Es sensible a la luz en presencia de catalizadores. En condiciones normales se mantiene inactiva, ya que no puede alcanzar la materia grasa, que, como hemos dicho anteriormente, está protegida por una membrana.

Tipos de lipólisis en la leche.



Lipólisis espontánea

Se puede definir como el nivel de AGL en la leche sin más tratamiento que su refrigeración tras el ordeño. El desarrollo y la intensidad de la alteración están directamente relacionados con el potencial lipolítico natural que presenta la leche. Este está ligado a factores del animal, como la raza, el estado de lactación, la gestación y el nivel de producción de leche y a otros factores como los intervalos entre ordeños, la alimentación y el estado sanitario (salud de la ubre).

Entre los factores favorecedores de la lipólisis espontánea destacan:

- **Influencia de la herencia (raza):** según diversos autores (Alais, 1985; Casado y García Álvarez, 1986), la leche de las diferentes vacas no tiene la misma capacidad para el enranciamiento en las mismas condiciones.
- **Estado de lactación (momento de la lactancia), la gestación y el nivel de producción de leche (rendimiento lácteo):** está suficientemente probada la importancia del estado de lactación en el desarrollo de lipólisis. A partir del tercer mes de lactación y conforme avanza la gestación el nivel de lipólisis espontánea aumenta. Según Calvet (2000), el nivel de lipólisis espontánea se incrementa en producciones muy bajas, de animales con una producción inferior a 10 litros de leche. El nivel de

lipólisis espontánea es mayor en vacas de primer y segundo partos y en las de más de siete, siempre al final del periodo de lactación.

- **Intervalo entre ordeños:** la aplicación de intervalos desiguales entre ordeños provoca un leve incremento de AGL en la leche obtenida tras el intervalo más corto. La mayor frecuencia de ordeños también aumenta el nivel de AGL.
- **Estado sanitario (salud de la ubre:** en el caso de animales con mastitis, la concentración de AGL suele ser mayor pues la infección e inflamación asociada altera la síntesis de la leche, con una mayor cantidad de ácidos grasos sin esterificar (por lo tanto, ácidos grasos libres) que en ubres sanas.
- **Metabolismo hormonal:** un metabolismo hormonal alterado, especialmente un elevado nivel de estrógenos en los quistes ováricos foliculares o en vacas tratadas con estrógenos, aumenta la actividad lipolítica.
- **El estrés:** aumenta la lipólisis. El nivel de AGL parece estar relacionado con el número de puestos de alimentación y con los puntos de bebida accesibles.
- **Alimentación/estación del año:** una alimentación mal equilibrada y que no cubra las necesidades energéticas conlleva un gran riesgo de lipólisis, especialmente al final de la lactación. Influye también la composición de la grasa de los alimentos: una proporción importante de ácidos grasos insaturados en la hierba reduce la lipólisis durante la época de pasto. En la época invernal, y cuando las vacas no reciben un alimento suficientemente energético, la grasa de la leche contiene una mayor proporción de ácidos grasos saturados, que está correlacionada con un aumento en la lipólisis (Alais, 1985; Casado y García Álvarez, 1986). Al final de la lactancia, la utilización de silo de pastura (silo de hierba) provoca un aumento de la lipólisis frente a dietas basadas en silos de maíz o heno.

MEDIDAS PRÁCTICAS PARA PREVENIR LA LIPÓLISIS ESPONTÁNEA

- Secar las vacas en el momento adecuado (60 días preparto), sobre todo si los niveles de producción son bajos.
- Evitar la concentración de partos. Tendríamos un mayor número de vacas al final de la lactación en un momento determinado del año.
- No ordeñar más de dos veces al día a las vacas con bajo nivel de producción.
- Respetar un mínimo de 9 horas como intervalo más corto entre ordeños.
- Alimentar adecuadamente a los animales, evitando la subalimentación energética en el último tercio de la lactación.
- Evitar cambios bruscos en la rutina de ordeño y de alimentación.
- Implementar un programa de prevención y control de mastitis.

Lipólisis inducida

Se produce cuando hay un deterioro de la membrana del glóbulo graso y permite así la acción de la enzima (lipasa natural). Como hemos mencionado antes, los principales factores que favorecen este tipo de lipólisis son los mecánicos: agitaciones intensas, entrada de aire en el transcurso del ordeño, agitaciones al comienzo del llenado del tanque o al final del vaciado, bombeos, etc., así como los cambios bruscos de temperatura (cambios térmicos) y los posibles cambios de pH.

Hay que considerar que la lipólisis espontánea y la inducida pueden actuar conjuntamente, cuando tenemos leches sensibles a la lipólisis un factor predisponente puede actuar con más facilidad (Calvet, 2000).

Factores que influyen en la lipólisis inducida

Las condiciones en las que se desarrolla el ordeño pueden influir en diferentes aspectos:

- **Diseño (construcción), funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones de ordeño:** se puede afirmar que las entradas de aire y las turbulencias en las máquinas de ordeño, responsables de la formación de espuma, son una de las principales causas de lipólisis.
- **Rutina de ordeño aplicada:** otro factor de riesgo es la aplicación de una rutina de ordeño inadecuada, como entradas de aire anormales al colocar o retirar las pezoneras. Las turbulencias que genera la entrada de aire pueden dañar considerablemente la estructura del glóbulo graso. Lo mismo pasa con la práctica del escurrido para extraer los últimos chorros de leche (esta última práctica consideramos que hay que eliminarla). A este respecto se pueden establecer unas medidas prácticas o pautas para reducir los posibles daños causados por una inadecuada rutina de ordeño:
 - Colocar rápidamente las unidades de ordeño.
 - Retirar suavemente las unidades de ordeño, cortando previamente el vacío.
 - Suprimir el apurado (escurrido mecánico).

- **Incidencia de la refrigeración y el equipo de frío:** debemos conocer que la aplicación de frío constituye un factor de activación del proceso lipolítico. La cristalización de los triglicéridos y la retracción del glóbulo graso suele ser el origen de la fisura de la membrana. Por otra parte, la agitación que acompaña al enfriamiento puede, por sí misma, provocar una cierta desorganización de la membrana y aumentar la sensibilidad de la grasa a la acción de las lipasas.

Lipólisis y robot de ordeño

La creciente introducción del ordeño automatizado en las granjas de producción de leche de vaca ha dado lugar a un incremento en el nivel de AGL de la leche.

En estos equipos la proporción aire/leche es mayor que en los sistemas de ordeño convencionales (8-10:1 frente a 3:1), debido a la inexistencia de colectores, sino de cuatro pezoneras independientes y tubos de menor diámetro, aunque considerablemente más largos, entre estas y el receptor de leche

En el ordeño automatizado, la leche se bombea constantemente desde el robot de ordeño hasta el tanque de frío, lo que implica nuevas estrategias de refrigeración. Es recomendable que la leche se enfríe antes de ser bombeada al tanque, ya que la producción de AGL se minimiza a 4-5 °C.

Lipólisis microbiana

Si la lipasa natural fuera la única causa de lipólisis los daños serían limitados, pero en el tiempo que transcurre entre el ordeño y el tratamiento de la leche se desarrolla una flora bacteriana de especial significado: la flora psicrótrofa. Este desarrollo es tanto mayor cuanto lo es el tiempo que transcurre entre el enfriamiento en la granja, la recogida y el almacenamiento en la fábrica. Es importante recordar que la leche, después de ser recogida en la granja, continúa siendo transportada y almacenada en la industria antes de su transformación. La concentración de AGL en la leche aumenta en cada una de las etapas del proceso productivo y de almacenamiento.

El empleo de las bajas temperaturas durante este almacenamiento favorece el crecimiento de las bacterias psicrótrofas, que se desarrollan a temperaturas inferiores a 7 °C. Por lo tanto, el enfriamiento rápido y mantenimiento en frío favorece el crecimiento de bacterias psicrótrofas, y la microbiota nativa de la leche cruda, predominantemente grampositiva, cambia a una población gramnegativa.

Entre la flora gramnegativa en la leche de tanque distinguimos dos grandes grupos: los coliformes (*Citrobacter* spp., *Enterobacter* spp., *Escherichia coli* y *Klebsiella* spp.) y los no coliformes (*Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Moraxella*, *Pasteurella*, *Pseudomonas* y *Xanthobacter*).

Las fuentes más importantes de contaminación de la leche por estas bacterias son el interior de la ubre, la superficie externa del animal y los equipos de ordeño, transporte y almacenamiento de la leche. Así pues, su presencia en la leche se asocia normalmente a una falta de efectividad en el lavado y desinfección del material de ordeño y del equipo de frío.

Dentro de la flora psicrótrofa se encuentran representados grupos de microorganismos tales como *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, etc., siendo principalmente las *Pseudomonas* las que se desarrollan en la leche cruda (particularmente *P. fluorescens* y *P. putida*).

Estas lipasas microbianas son muy termorresistentes, y aunque los microorganismos causantes se destruyan fácilmente por pasteurización e incluso por termización, las enzimas persisten y su acción enzimática prosigue después del tratamiento térmico, incluso a temperaturas altas.

Este hecho causa graves problemas a la industria láctea, especialmente en la elaboración de leche y productos lácteos esterilizados mediante el tratamiento UHT, ya que los enzimas que resisten el tratamiento térmico tienen mucho tiempo para actuar, debido al largo periodo de conservación de estos productos (varios meses).

Estas lipasas no dan lugar generalmente a la lipólisis de la leche cruda, a no ser que los gérmenes psicrótrofos causantes se encuentren en un gran número (>10⁶/ml). Por el contrario, el deterioro provocado por las enzimas comienza a ser detectado cuando el recuento de psicrótrofos es inferior a 10⁶ creando problemas en los productos lácteos de larga duración (leches UHT, quesos).

Algunas centrales lecheras tienen, para la recepción de la leche cruda, como límite máximo de recuento de psicrótrofos el de 100.000 UFC/ml.

Jaspe y colaboradores (1993) señalan que en una leche producida bajo estrictas condiciones higiénicas el porcentaje de bacterias psicrótrofas no supera el 10 % de la flora mesófila inicial, en cambio, en condiciones higiénicas desfavorables, esta proporción puede ser superior al 75 %, llegando a ser totalmente dominante durante la refrigeración.

La presencia de un número apreciable de psicrótrofos en la leche cruda es un indicativo de falta de higiene en la producción de leche en la granja, de las condiciones en las que se desarrolló la refrigeración y del tiempo de almacenamiento de la leche previo a su industrialización, por lo que resulta necesario aplicar prácticas de higiene rigurosas:

- Correcto mantenimiento de los pasillos de circulación de los animales y de sus zonas de reposo.
- Correcta limpieza de los pezones antes del ordeño.
- Cuidadosa limpieza y desinfección de todos los utensilios lecheros, tuberías y tanques.
- Control regular del funcionamiento del equipo de refrigeración de la leche.
- Refrigerar rápidamente la leche y mantenerla a 4 °C.
- No conservar la leche más de dos o tres días en la granja. Recolección de la leche preferiblemente diaria.
- Un aspecto fundamental es disponer para la limpieza de agua de buena calidad, ya que el agua puede ser una fuente de bacterias psicrótrofas.

Una buena práctica contra la lipólisis microbiana es la termización, es decir, someter a la leche a un tratamiento térmico suave (63-65 °C/15 segundos) a su llegada a la fábrica o antes si fuera posible, con el fin de destruir los gérmenes psicrótrofos, muy sensibles al calor, antes de que estos proliferen más y den lugar a la producción de lipasas.

Problemas tecnológicos de la lipólisis

La concentración de AGL encontrada en un producto es la suma de aquellos producidos por la lipólisis existente:

- En la leche cruda antes del procesamiento.
- Durante el proceso de elaboración.
- Durante el almacenamiento del producto.

Las alteraciones lipolíticas de la leche tienen importancia en muchos sentidos. Influyen en la pérdida de grasa y sobre la calidad del producto, especialmente en cualidades sensoriales (sabores anómalos: rancio, jabonoso, amargo) de los productos ricos en grasa (rancidez de la mantequilla). Asimismo, son responsables de alteraciones tecnológicas:

- Mayor tiempo de batido de la nata.
- Inhibición, retardo o aceleración de la coagulación en los productos fermentados.
- Menor rendimiento quesero.
- Aumento de la viscosidad y posterior gelificación de leches UHT.

Bibliografía

Alais, C. Ciencia de la leche. Ed. Reverté. S.A., Barcelona, 1985.

Calvet, E. La lipólisis en la leche de vaca. Revista Técnica del Centre Veterinari de Tona. 2000.
<http://file:///F:/Lipolisis/LA LIPOLISIS EN LA LECHE DE VACA.mht>

Callejo, A., Díaz, V. Calidad de la leche. Lipólisis. Revista Frisona Española. 2008; 166:98-102.

Casado, P., Álvarez, J.A. La calidad de la leche y los factores que influyen en ella. Ed. Industrias Lácteas Españolas, 1986.

Guía práctica para el control de lipólisis en la elaboración de productos lácteos Boletín FIL-IDF 246:1991.

Jaspe, A., Matías, P., Fernández, L., San José, C. Interacciones entre la flora láctica y la flora psicrótrofa Gram negativa de la leche. Rev. Esp. Ciencia y Tecnología de los alimentos. 1993; 33(5):461-467.

Taverna, M. El gusto rancio de la leche. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina, 2000.