

CALIDAD DE LA LECHE

1. Introducción

No puede negarse que la calidad de la leche ha cobrado una importancia considerable en los últimos años. Tanto es así, que hay una relación directa del precio de la leche con su composición químico-bromatológica así como con su calidad higiénica. Este doble criterio de pago es tanto más importante en la actualidad por cuanto se han incrementado las ventas de productos lácteos transformados, cuyo rendimiento depende en gran manera de la composición de la leche, sin olvidarnos de la importancia de su calidad microbiana, la cual depende estará determinada por las condiciones higiénicas del equipo de ordeño y de los locales implicados en esta tarea.

Las exigencias en calidad microbiológica se deben a las implicaciones de índole sanitario, nutritivo y tecnológico que representa la actividad metabólica de las bacterias en la leche. La contaminación bacteriana, además de alterar las propiedades fisicoquímicas de la leche, constituye un gran riesgo para la salud humana por la posible presencia de patógenos y sus correspondientes toxinas. Queremos recordar que el equipo de ordeño es el punto de la explotación donde es mayor el riesgo de contaminación microbiana de la leche (Cuadro 1).

Cuadro 1. Focos de contaminación de la leche y evaluación de su importancia, en bacterias/ml

Foco de contaminación	Bacterias/ml
Infecciones latentes de la ubre	300 - 400
Gérmenes del aire	100 - 1.500
Contaminantes durante el ordeño	500 - 15.000
Mamitis	Hasta 25.000
Equipo de ordeño y almacenaje	Hasta 500.000 ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Esta cifra puede ser mucho mayor si los equipos de ordeño y almacenaje no se limpian y desinfectan adecuadamente	

Fuente: Argente, 1984, cit por Ponce de León, 1993.

Finalmente, es preciso que el equipo de ordeño esté bien diseñado para evitar en lo posible fenómenos de lipólisis y proteólisis, consecuencia de los procesos mecánicos a los que se somete la leche en los diferentes procesos en la explotación, a los que nos referiremos en las próximas páginas.

2. Calidad higiénica de la leche

El término “calidad” no es fácil definirlo por cuanto puede englobar diversos conceptos, muchos de ellos de apreciación totalmente subjetiva. No obstante, y aceptando que cualquier globalización o generalización es discutible, podríamos considerar que la “calidad” es el grado de aptitud para el uso y, por tanto, el valor nutritivo, las características organolépticas, la conservabilidad y los elementos contaminantes van a condicionar la aptitud para el uso y, por ello, la calidad.

Las características organolépticas fundamentales son el color, el olor y el sabor, y en ellas inciden de forma decisiva la mayor o menor degradación que hayan sufrido los componentes de la leche, especialmente la lactosa, la grasa y la proteína (Cuadro 2), y que determinan la capacidad de la leche para ser conservada y, posteriormente, transformada.

Cuadro 2. Alteraciones de la leche por los microorganismos

	Actividad metabólica	Alteración
Acidificante	Azúcares-ácido láctico y otros	Coagulación espontánea. Sabor ácido-agrio
Fermentación gaseosa	Azúcares - CH ₂ . H ₂ . CH ₄ .	Formación de espuma y burbujas de gas
Fermentación viscosa	Secreción gomas y mucinas	Leche viscosa
Proteolisis	Hidrólisis de las proteínas	Coagulación no ácida, sabor a podrido
Lipolisis	Hidrólisis de las grasas	Enranciamiento, sabor a rancio

Fuente: Franch, 1996

Asimismo, debemos tener en cuenta los elementos que pueden llegar a la leche de forma más o menos accidental, modificando su “aptitud para el uso: ANTIBIÓTICOS, DETERGENTES Y DESINFECTANTES, SUCIEDAD, CLOSTRIDIOS, PESTICIDAS Y MICOTOXINAS, etc.

3. Transporte de la leche y recepción

En el proceso de transporte de la leche a través de las conducciones hasta el tanque refrigerante pueden originarse muchos de los problemas, estrechamente relacionados, que disminuyen el grado de aptitud de la leche para su uso.

Mezcla de aire

Fragmentación de los glóbulos grasos

Desequilibrios microbiológicos

Como consecuencia de la acción mecánica del ordeño, agitación en las conducciones y en el tanque de frío y bombeo o succión desde la unidad final o desde el tanque a la cisterna de transporte, la leche está continuamente expuesta a la mezcla de aire, cuyas consecuencias principales son:

- *Formación de espuma, que da lugar a errores en las medidas y a una menor eficacia en la pasteurización.*
- *Contaminación*
- *Fraccionamiento de la materia grasa y proteica, que dificulta el desnatado y el batido de la grasa*
- *Oxidaciones*

3.1 Lipolisis

El uso generalizado de la refrigeración durante el almacenamiento de la leche cruda antes de su tratamiento térmico ha eliminado el riesgo de deterioro asociado al crecimiento de los gérmenes termófilos y mesófilos y de otros muchos organismos patógenos. Sin embargo, el empleo de las bajas temperaturas durante este almacenamiento favorece el desarrollo de las bacterias psicrótrofas.

Estos microorganismos psicrótrofos están ampliamente distribuidos en la naturaleza, encontrándose en el agua, el suelo, el aire, las plantas y los animales. 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.

Estas bacterias psicrótrofas no acidifican la leche pero generan unos enzimas que a lo largo del tiempo actúan sobre la grasa y la proteína, degradándolas, por su gran capacidad lipolítica y proteolítica. Aunque tales bacterias son muy sensibles a los tratamientos térmicos, sin embargo los enzimas que hayan generado son termorresistentes, por lo que continúan actuando aún después del tratamiento térmico, incluso con temperaturas altas, comprometiendo seriamente la calidad del producto.

Los enzimas lipolíticos hidrolizan los triglicéridos (98% de la grasa láctea) dando lugar a ácidos grasos libres, diglicéridos y monoglicéridos. La liberación de ácidos grasos entraña un aumento de la acidez de la leche, aunque la consecuencia más negativa es la alteración de las propiedades organolépticas: sabor a rancio, sabor jabonoso y, frecuentemente, sabor amargo (quizá debido a los di- y monoglicéridos) y sabor cetónico (puesto que la oxidación de los ácidos grasos da lugar a la formación de metilcetonas).

En condiciones normales, la membrana del glóbulo graso, de naturaleza fosfolipídica y lipoproteica, protege a los triglicéridos de la leche del ataque por enzimas lipolíticos, cuya actividad es, además, debilitada por su asociación y/o inclusión con las micelas de caseína y probablemente también por la presencia en la leche de inhibidores de lipólisis. De esta forma, en la leche normal apenas existe la posibilidad de que se produzca esta actividad lipolítica.

Sin embargo, la realidad del ordeño mecánico es que la leche, al dejar la ubre, es sometida a diferentes cambios físicos, baja temperatura y tratamientos mecánicos. La integridad de la membrana del glóbulo graso se modifica, llegando a ser menos eficaz en la protección de los triglicéridos frente a la acción de la lipasa. El tratamiento mecánico puede también provocar la salida de la grasa través de la membrana dañada, haciéndose más accesible a la acción de las enzimas.

Las lipasas presentes en la leche pueden tener un doble origen: natural y microbiano.

3.1.1. La lipasa natural

En la leche de la vaca existe una lipasa natural que proviene de la sangre y pasa a la leche. Esta lipasa hidroliza preferentemente los ácidos grasos de cadena corta y los ácidos grasos laterales. Es termosensible, siendo inactivada por los tratamientos de la leche a 60° C durante 15 minutos, ó 74° C durante 15 segundos. Es sensible a la luz en presencia de catalizadores.

Esta lipasa está siempre presente en la leche en cantidad suficiente para provocar en 24-48 horas daños organolépticos. Sin embargo, en condiciones normales se mantiene inactiva, ya que no puede alcanzar la materia grasa, que como hemos dicho anteriormente, está concentrada en los glóbulos grasos y protegida de la influencia exterior por una membrana protectora.

Existen dos tipos de mecanismos que pueden hacer actuar esta lipasa: la *lipolisis espontánea* y la *lipolisis inducida*.

Los mecanismo de la lipolisis espontánea están ligados al animal: individuo, período de lactación, alimentación.

La **lipolisis inducida** no se produce más que cuando hay deterioro de la membrana del glóbulo graso, permitiéndose de esta forma al enzima alcanzar el sustrato.

Los principales factores que favorecen este tipo de lipolisis son los mecánicos y los choques térmicos, que se producen básicamente en la **instalación de ordeño** y en el interior del **tanque refrigerante**.

Las ocasionadas en la instalación de ordeño suelen ser debidas a un equipo mal diseñado o mal montado, al incorrecto reglaje de la máquina, a una rutina de ordeño inadecuada (entradas de aire anormales al colocar o retirar las pezoneras) o a la presencia de piezas gastadas o defectuosas. Se puede afirmar que las entradas de aire y las turbulencias en las máquinas de ordeño (conducciones con diámetros insuficientes, codos, elevaciones, caídas excesivas, reducciones intermedias, bombeos inadecuados), responsables de la formación de espuma, son una de las principales causas de lipolisis.

De ahí que la nueva Norma ISO 5707, relativa a la construcción y funcionamiento de instalaciones de ordeño, haya modificado el método de cálculo del diámetro de las conducciones de leche con el objetivo de conseguir que el flujo de leche se realice en régimen laminar al menos durante el 95% de la duración del ordeño, con una caída de vacío máxima de 2 kPa entre la unidad final y cualquier punto de la conducción de leche. En un régimen laminar la leche se transporta siempre en la zona inferior de la conducción y el aire en la superior, sin mezclarse, lo que es la situación ideal con respecto a mantener inalterables las condiciones físicas de la leche y la transmisión de vacío hacia la unidad de ordeño.

Las agresiones mecánicas sobre la estructura de la membrana del glóbulo graso causadas en el tanque refrigerante se originan por un excesivo batimiento del agitador o por el fuerte impacto de la leche al caer en el interior del tanque, circunstancias que también airearán en demasía la leche facilitando la oxidación de los ácidos grasos libres generados en la lipolisis.

Los **choques térmicos** aparecen cuando se añaden importantes cantidades de leche caliente sobre leche fría en cortos períodos de tiempo, siendo un fenómeno atribuible a un mal diseño de la instalación de ordeño o a una rutina de ordeño inapropiada.

Asimismo se ha constatado que las temperaturas de conservación relativamente elevadas y las oscilaciones frecuentes aumentan la actividad lipolítica.

3.1.2. Las lipasas microbianas

Son aquellas secretadas después del ordeño por parte de la flora microbiana de la leche, en particular por las bacterias psicrótrofas. Son esencialmente de origen extracelular y tienen una mayor relevancia a causa de su considerable termorresistencia

y aunque los microorganismos causantes (fundamentalmente *Pseudomonas*) se destruyan fácilmente por la pasteurización e incluso por tratamientos térmicos menos severos, como la termización, las enzimas persisten y su acción enzimática prosigue después del tratamiento térmico.

Para la prevención de la lipólisis microbiana hay que tener en cuenta, en primer lugar, que todos los factores que faciliten la existencia y crecimiento de bacterias psicrótrofas en la leche cruda, productoras de lipasa, aumentan las posibilidades de lipólisis..

Como la presencia de un número apreciable de psicrótrofos en la leche cruda es una indicación de falta de higiene en la producción de leche en la granja, es necesaria una cuidadosa limpieza y desinfección de todos los utensilios lecheros, tuberías y tanques, con el fin de mantener tan bajo como sea posible el número de estas bacterias en la leche

3.1.3. Recomendaciones para prevenir o disminuir la lipólisis

Como final y conclusión de lo tratado anteriormente se exponen a continuación algunas recomendaciones dadas por la Federación Internacional de Lechería para prevenir o disminuir la lipólisis debida a la manipulación de la leche.

- *Evitar la entrada excesiva de aire en las conducciones de leche y que estas estén bien diseñadas en lo que se refiere a su diámetro interior.*
- *Introducir la leche de forma tangencial en tubería, recipientes de cristal, unidad final y tanques.*
- *Instalar tuberías en línea baja*
- *Eliminar las pendientes ascendentes en el diseño de las conducciones de leche.*
- *No instalar filtros en las conducciones, sólo después de la bomba de evacuación de leche de la unidad final.*
- *Evitar una agitación excesiva en las bombas centrífugas y asegurarse que la bomba no funciona más que cuando hay suficiente leche para mantener lleno el cuerpo de la bomba.*
- *No conservar la leche más de dos o tres días en la granja.*
- *Utilizar tanques de almacenamiento de capacidad adecuada (un tanque demasiado grande no permite a menudo una buena agitación en el primer ordeño).*
- *Evitar un funcionamiento excesivo o un movimiento demasiado rápido del agitador.*
- *No dejar congelar la leche, porque la congelación deteriora la membrana de los glóbulos grasos.*
- *Limpiar el equipo después de cada empleo.*

3.3. Proteolisis

La proteolisis puede ser debida a la acción de una de las proteasas naturales de la leche, la *proteasa alcalina* o *plasmína*. Sin embargo, las consecuencias tecnológicas más graves se deben a la acción de las proteasas de las bacterias psicrótrofas, cuyos efectos se manifiestan en las leches refrigeradas, incluso con niveles de población relativamente moderados.

Todo lo que se ha explicado sobre las lipasas de estas bacterias se puede repetir para las proteasas:

- *Su acción comienza a partir del segundo día y es máxima al quinto*
- *El pH óptimo es 7,8 y la temperatura a la que su actividad es máxima es de 40-50°C, aunque estas proteasas siguen activas a pH y a temperatura bajos.*
- *La termoestabilidad se sitúa en 150° C durante 10 segundos, lo que hace que se hallen presentes en las leches pasterizadas y UHT, con los problemas que ello implica. La producción de proteasas es más importante a bajas temperaturas que a altas.*
- *Proporcionan una menor estabilidad térmica a la leche, produciendo una coagulación a lo largo del tratamiento.*
- *Dan lugar a la degradación de las caseínas, lo que implica pérdidas en el rendimiento en la fabricación de quesos y un aumento de la cantidad de nitrógeno presente en el lactosuero.*
- *Producen una modificación de las características gustativas, al perder frescura la leche, así como una aparición de sabores amargos y pútridos, e incluso gusto a “sucio” cuando se alcanzan los diez millones de gérmenes.*