

Calidad de la leche en procesos industriales

A partir del último cuarto del siglo XX las industrias lácteas comienzan a transformar grandes volúmenes de leche, debido a la demanda creciente a la que se ven dirigidas por los mercados.

En un principio los criterios de calidad quedaban en un segundo plano, primando el volumen frente a la calidad. Era común la transformación de leche de baja calidad con acidez desarrollada, inestable a la prueba del alcohol, con recuentos elevados de microorganismos y células somáticas, en las que sus componentes principales (grasa, proteína, lactosa...) estaban alterados.

Esta tendencia ha ido cambiando de manera sistemática a lo largo de los últimos años, mejorando significativamente la calidad. La leche de vaca posee un contenido medio en materia grasa entre 32 y 42 gramos/litro, una proteína total entre 29 y 35 gramos/litro (de ésta, entre un 76% y 78% es caseína, proteína coagulable con alto valor tecnológico y entre un 22% y 24% de proteína de suero) el contenido en lactosa oscila entre 45 y 48 gramos/litro, y una fracción pequeña y variable es de sales minerales, entre 3 y 12 gramos/litro (Los valores expuestos anteriormente son orientativos, sujetos a diferentes factores).

La calidad de la leche a nivel fisicoquímico e higiénico marca la aptitud para su transformación y aprovechamiento industrial, ésta viene determinada entre otros factores por el estado sanitario del animal, la microbiología de la leche y el binomio tiempo/temperatura de conservación antes del procesado.

Jaime Magdalena Vera. Technical Account Manager DSM, Dairy South Europe Team.
Ponencia presentada en la XVII Jornadas Técnicas de Vacuno de Leche de Seragro. Noviembre 2019

Estado sanitario

La calidad de la leche está marcada por el recuento de células somáticas como indicador del estado sanitario del animal y en concreto la mastitis.

Cuando un animal posee un elevado recuento de células somáticas, la leche que produce va a sufrir una serie de alteraciones: su calidad fisicoquímica se ve modificada, sus rendimientos industriales son menores y su aptitud para la transformación y estabilidad posterior también se ve afectada de manera negativa.

La microbiota habitual de la ubre incluye estreptococos, estafilococos y micrococos (más del 50% de la carga microbiana total), seguidos de *Corynebacterium spp.*, *Escherichia coli* y otros. Los microorganismos frecuentes implicados en la mastitis son *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis*, *Escherichia coli* y *Actinomyces pyogenes* aunque también se han caracterizado otros como *Staphylococcus epidermis*, *colliformes*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Corynebacterium bovis*.

Durante la inflamación de la glándula mamaria se presentan 3 mecanismos involucrados en cambios en la composición de la leche:

1. Disminución de la síntesis de compuestos (caseínas, ácidos grasos y lactosa principalmente) por las células alveolares productoras (lactocitos).
2. Incremento en la permeabilidad del tejido mamario.
3. Incremento de la actividad proteolítica sobre las caseínas.

En el caso de mastitis, la infección disminuye los contenidos de caseína (proteína de alto valor tecnológico en la industria), grasa y lactosa, y aumenta el contenido de proteínas lactoséricas así como el pH. También disminuye el nivel de calcio y fósforo,

principalmente el fosfato de calcio coloidal asociado a la caseína en la leche. En contraste, la concentración de sodio y el cloro aumentan de manera significativa. En una mastitis el incremento de la permeabilidad de la membrana permite además el paso de enzimas desde la sangre a la leche. Una de las enzimas que mayor influencia tiene sobre la composición de la leche es la plasmina, que tiene una actividad proteolítica sobre las caseínas. La plasmina es una enzima (proteasa) que rompe cadenas de polipéptidos con preferencia por las uniones con lisina, hidrolizando las caseínas.

La importancia de esta proteasa ha sido relacionada con efectos negativos sobre la maduración de los quesos, en especial los que están a altas temperaturas en el madurado y en las leches pasteurizadas UHT (*Ultra High Temperatura*).

También está implicada en la gelificación durante el almacenamiento (coagulación dulce de la leche), ya que se ha podido aislar de leche cruda y de leche con tratamiento UHT, es decir, que se considera termorresistente.

En condiciones normales, la actividad de la plasmina aumenta hacia el final de la lactación, hallándose mayor cantidad de γ -CN y menos β -CN y α 1-CN al final de la lactancia que en la lactancia media. A las γ -CN se les atribuye ser responsables del sabor astringente desarrollado en muestras de leche cruda y en pasteurizadas o UHT durante el almacenamiento.

En la industria quesera también existen cambios significativos. El principal es el cambio de estructuras de las micelas de caseínas por la alta proteólisis que altera las propiedades de la coagulación, disminuyendo de forma considerable los rendimientos queseros y aumentando las pérdidas de grasa y proteína en el lactosuero.

En primerizas, la actividad de la plasmina permanece constante a lo largo de toda la lactación, mientras que en leche de vacas de mayor edad o número de lactación, la actividad aumenta dramáticamente durante el transcurso de esta. En un estudio realizado en el cual se indujo mastitis en vacas Holstein y se midieron las células somáticas así como su actividad proteolítica total (plasmina y otras proteasas asociadas a las células somáticas), se demostró que estos parámetros aumentaron durante la infección y, aunque tras la curación los niveles de células somáticas bajaron a los valores de preinfección, la actividad proteolítica fue significativamente mayor que en la preinfección, principalmente debido a la plasmina. Esta podría ser la razón por la cual la leche de vacas más viejas tiene mayor actividad de plasmina que la de vacas más jóvenes. Tras cada episodio de mastitis, los niveles de plasmina en el animal no vuelven a ser los iniciales, con las consecuencias que ello conlleva a nivel tecnológico.

Además de los anteriormente expuestos, la leche podría contener otros agentes patógenos procedentes de animales enfermos, entre ellos destacan: *Mycobacterium bovis*, *Brucella abortus*, *Brucella melitensis*, *Brucella suis*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* o *Coxiella burnetii*. La gran mayoría presentan una termorresistencia baja, no resistiendo los procesos de pasteurización.

Condiciones ambientales

Otro de los factores que influye de manera significativa sobre la calidad de la leche es la limpieza del exterior de la ubre, pezones y medio ambiente (estiércol, cama, suelo, silo y agua).

Un ejemplo claro son los miembros del género *Bacillus* procedentes del suelo, *clostridios* del alimento ensilado, enterobacterias del estiércol así como otros microorganismos que pueden contaminar con facilidad la leche.

Las bacterias butíricas llegan al queso procedentes de los ensilados en mal estado principal-

mente. El hinchamiento tardío y la generación de gas con sabores amargos ocurre a los 15 ó 20 días del comienzo de la maduración y está causado por la presencia de bacterias butíricas; la industria quesera recurre al uso de la lisozima y a la bacto-fugación para evitar el desarrollo de las mismas.

Otro de los puntos a tener en cuenta son las aguas de suministro de la explotación, ya que estas pueden presentar, coliformes y microorganismos psicrófilos (que se desarrollan a temperaturas inferiores a 7°C).

Cuando se utiliza el agua para enjuagar el equipo de lechería y el lavado de las vacas, puede ser frecuente la contaminación en el ordeño posterior.

El personal que manipula la leche y el equipo puede aportar diversos tipos de microorganismos, incluyendo patógenos. Los micrococcos y estafilococos de la piel y de las fosas nasales pueden pasar a la leche, sobre todo durante el ordeño. Los residuos lácteos que quedan en las superficies del equipo después de una limpieza deficiente proporcionan abundantes nutrientes para el crecimiento de muchos tipos de microorganismos. La temperatura ambiente a la que dicho material se almacena es favorable para el crecimiento de los mismos. Las superficies permanecen a menudo húmedas por largos períodos, permitiendo el crecimiento de microorganismos hasta altos valores y la formación de biofilms. Esto puede dar lugar a una rápida multiplicación de microorganismos de crecimiento más veloz como los *Lactococcus*, coliformes y otros microorganismos Gram negativos; entre éstos últimos, miembros de los géneros *Pseudomonas alcaligenes*, *Flavobacterium* y *Chromobacterium*.

La mayor concentración de plasmina se ha visto asociada a una mayor actividad proteolítica, responsable en la pérdida del valor tecnológico de la leche para producción de derivados lácteos.



Conservación

La conservación de la leche, tanto en granja como en los silos industriales, previa a su procesado, tiene una gran importancia sobre la calidad de la misma, para ello es fundamental un binomio adecuado tiempo-temperatura.

La refrigeración de la leche cruda, práctica difundida para evitar el desarrollo de bacterias mesófilas causantes de acidez de la leche (bacterias que crecen a temperaturas entre 18°C y 35°C), favorece el desarrollo de bacterias psicrótrofas (bacterias que crecen a temperaturas inferiores a 10°C).

Los microorganismos psicótrofos (bacterias, levaduras y mohos) en condiciones higiénicas de producción normalmente no constituyen más del 10% de la flora inicial; se desarrollan en condiciones de refrigeración. La mayoría de los microorganismos aislados de la leche cruda son bacterias Gram-negativas, no esporuladas y catalasa-positiva siendo los del género *Pseudomonas* son los que se aíslan con mayor frecuencia, en concreto *Ps. fluorescens* van a ser la especie que con mayor frecuencia se aísla de la leche cruda mantenida a temperaturas de refrigeración.

La importancia de la presencia en la leche de la flora psicótrofa, especialmente las del género *Bacillus*, es que son termodúricas, es decir, resisten los tratamientos térmicos aplicados durante el proceso



industrial de la leche y producen esporas termorresistentes. Muchas de las esporas generadas presentan resistencia a los tratamientos, convirtiéndose en agentes potencialmente alterantes de las leches de larga vida (UHT).

Los psicótrofos termodúricos tienen un periodo de desarrollo más largo, necesitando un almacenamiento en refrigeración más prolongado. La mayoría de los microorganismos productores de toxoinfecciones alimentarias no se desarrollan a temperaturas inferiores a 10°C. Sin embargo, algunos como *Bacillus cereus*, *Aeromonas hydrophila*, *Yersinia enterocolitica* y *Listeria monocytógenes*, crecen a temperaturas bajas. El género *Listeria* comprende siete especies, pero sólo se tiene constancia de su patogenicidad para el hombre de *Listeria monocytógenes*, que no sobrevive a temperaturas de pasteurización.

De algunos productos lácteos, principalmente de la mantequilla y menos frecuentemente de la leche pasteurizada, se han aislado levaduras psicótrofas pertenecientes a los géneros *Candida* y *Saccharomyces* entre otros. Algunas alteraciones de la mantequilla y de la nata se han asociado al desarrollo en superficie de hongos psicótrofos de los géneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Geotrichum* y *Penicillium*.

La consecuencia más grave de la presencia de microorganismos psicótrofos y/o de la resistencia a

los tratamientos térmicos de los mismos es la alteración de los glóbulos grasos debido a la acción de las lipasas generadas por los microorganismos psicótrofos. La alteración de la membrana del glóbulo permite el contacto entre la grasa y las lipasas produciéndose defectos de sabor y olor rancio muy desagradable que ya aparecen con pequeñas cantidades de ácido butírico. La lipólisis puede aparecer en todos los productos que contienen grasa. En algunos quesos, donde las lipasas tienen mucho tiempo para actuar, pueden causar defectos de sabor importantes.

Otra de las consecuencias generadas por los psicótrofos es la actividad proteolítica. La producción de proteasas es particularmente importante en condiciones de refrigeración. Así, la actividad proteolítica de las *Pseudomonas fluorescens* es seis veces mayor a 3° C que a 30° C.

El efecto de la proteólisis puede alterar la fase coloidal de la leche, formada por micelas, en la que las caseínas están asociados con los constituyentes de sales, en particular de calcio y fosfato de calcio. Bajo la acción del frío, esta fase se somete a cambios relacionados tanto con las caseínas, a nivel micelar, y de balance de sales, cuyas consecuencias principales son una disminución en el valor de la leche queso (bajos rendimientos queseros). El mantenimiento de la baja temperatura hace que

la parte de caseína se vuelva soluble modificando la concentración de sales en la solución salina y en las micelas. Se produce un aumento del contenido de calcio y fosfato inorgánico contenido en la fase acuosa de la leche a expensas de la fase coloidal. Una prolongación del tiempo de coagulación, modifica las características reológicas (físicas) del coágulo influyendo en un descenso de rendimientos.

Conclusión

La calidad en los productos lácteos elaborados por la industria está condicionado por la calidad de la leche en origen, en ella tiene una gran importancia el estado sanitario del animal, las condiciones de higiene en explotación y almacenamiento de la leche.

La estabilidad térmica, los rendimientos queseros, la calidad organoléptica y la vida útil de los productos elaborados, están condicionados por la calidad de la leche.

La mejora de la calidad de la leche de cara a los procesos industriales empieza trabajando desde el origen, con mejoras en el manejo en la alimentación y en la higiene.

Los lectores interesados en la bibliografía de este artículo, pueden solicitarla a la redacción de Frisona Española-CONAFE