

La leche es una secreción nutritiva de color blanquecino opaco producida por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos (incluidos los monotremas). Esta capacidad es una de las características que definen a los mamíferos. La principal función de la leche es la de nutrir a los hijos hasta que son capaces de digerir otros alimentos. Además cumple las funciones de proteger el tracto gastrointestinal de las crías contra patógenos, toxinas e inflamación y contribuye a la salud metabólica regulando los procesos de obtención de energía, en especial el metabolismo de la glucosa y la insulina.

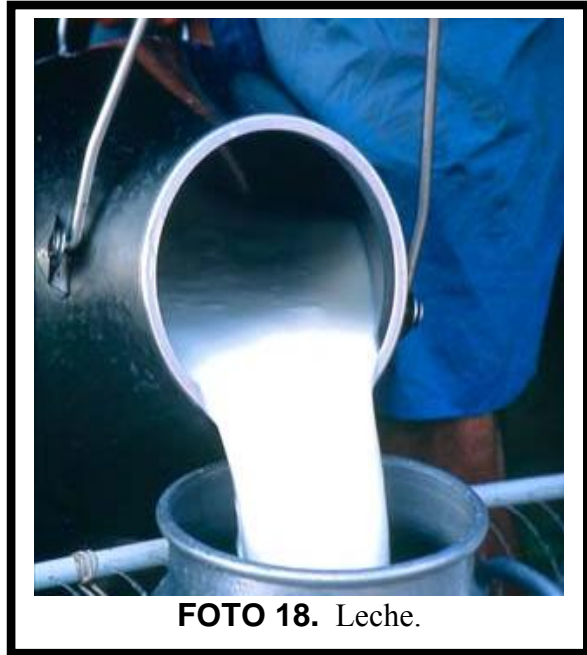


FOTO 18. Leche.

Es el único fluido que ingieren las crías de los mamíferos (del niño de pecho en el caso de los seres humanos) hasta el destete. La leche de los mamíferos domésticos

forma parte de la alimentación humana corriente en la inmensa mayoría de las civilizaciones: de vaca, principalmente, pero también de oveja, cabra, yegua, camella, etc.



FOTO 19. Diferentes lácteos.

La leche es la base de numerosos productos lácteos, como la mantequilla, el queso, el yogur, entre otros. Es muy frecuente el empleo de los derivados de la leche en las industrias agroalimentarias, químicas y farmacéuticas en productos como la leche condensada, leche en polvo, caseína o lactosa. La leche de vaca se utiliza también en la alimentación animal. Está compuesta principalmente por agua, iones (sal,

minerales y calcio), hidratos de carbono (lactosa), materia grasa y proteínas.

También se denomina “leche” al jugo de ciertas plantas o frutos: leche de coco, leche de soja, leche de arroz o leche de almendra. Sin embargo, para la definición

científica, el término leche no aplica a los jugos de nueces. La leche de los mamíferos marinos, como por ejemplo las ballenas, es mucho más rica en grasas y nutrientes que la de los mamíferos terrestres.

El líquido es producido por las células secretoras de las glándulas mamarias o mamas (llamadas “pechos” entre muchas otras formas, en el caso de la mujer, y “ubres”, en el caso de los mamíferos domésticos). La secreción láctea de una hembra días antes y después del parto se llama calostro.

1. HISTORIA.

El consumo humano de la leche de origen animal comenzó hace unos 11.000 años con la domesticación del ganado durante el llamado óptimo climático. Este proceso se dio en especial en Oriente Medio, impulsando la revolución neolítica. El primer animal que se domesticó fue la vaca, a partir del *Bos primigenius*, después la cabra, aproximadamente en las mismas fechas, y finalmente la oveja, entre 9000 y 8000 a. C. Existen hipótesis, como la del genotipo ahorrador, que afirman que esto supuso un cambio fundamental en los hábitos alimentarios de las poblaciones cazadoras-recolectoras, que pasaron de alimentarse con ingestas abundantes pero esporádicas a recibir aportes diarios de carbohidratos. Según esta teoría, este cambio hizo que las poblaciones euro-asiáticas se volvieran más resistentes a la diabetes tipo 2 y más tolerantes a la lactosa en comparación con otras poblaciones humanas que sólo más recientemente conocieron los productos derivados de la ganadería. Sin embargo esta hipótesis no ha podido ser verificada e incluso su propio autor, James V Neel la ha refutado, alegando que las diferencias observadas en poblaciones humanas podrían deberse a otros factores ambientales.

Respecto a la capacidad de los adultos para tolerar los productos lácteos sin fermentar, en especial la leche, se han esgrimido varias hipótesis. Una de ellas es que el gen responsable de la lactasa (enzima que hidroliza la lactosa), un gen raro y poco frecuente en las poblaciones europeas del Neolítico, posiblemente se ha conservado como consecuencia de incluir los productos lácteos en la alimentación humana.

Durante la Edad Antigua y la Edad Media, la leche era muy difícil de conservar y, por esta razón, se consumía fresca o en forma de quesos. Con el tiempo se fueron añadiendo otros productos lácteos como la mantequilla.

La revolución industrial en Europa, alrededor de 1830, trajo la posibilidad de transportar la leche fresca desde las zonas rurales a las grandes ciudades gracias a las mejoras en los transportes.

Con el tiempo, han ido apareciendo nuevos instrumentos en la industria de procesado de la leche. Uno de los más conocidos es el de la pasteurización, sugerida para la leche por primera vez en 1886 por el químico agrícola alemán Franz von Soxhlet. Estas innovaciones han conseguido que la leche tenga un aspecto más saludable, unos tiempos de conservación más predecibles y un procesado más higiénico.

2. BIOLOGÍA DE LA LECHE.

La producción de leche para nutrir a las crías pudo ser un rasgo evolutivo asociado a la hormona prolactina. Se sabe que algunas especies de peces del género *Symphysodon* nutren a sus crías con un fluido semejante a la leche. La llamada “leche de buche” está presente en diversos grupos de aves, como las palomas, los flamencos o los pingüinos. Desde el punto de vista biológico se trata de una verdadera leche,



FOTO 20. *Symphysodon aequifasciata*.

secretada por glándulas especializadas.

Sin embargo, donde esta adaptación evolutiva se hace característica es en los mamíferos. Se cree que éstos proceden de un grupo cercano a los tritelodóntidos de finales del periodo Triásico. Estas mismas fuentes

creen que ya mostraban signos de lactancia.

Entre las muchas teorías existentes, se ha propuesto que la producción de leche surgió porque los antepasados sinápsidos de los mamíferos tenían huevos con cáscara blanda, como los actuales monotremas, lo cual provocaba su rápida desecación. La leche sería de ese modo una modificación de la secreción de las glándulas sudoríparas destinada a transferir agua a los huevos. Otros autores, en una teoría que puede ser

complementaria de la anterior, opinan que las glándulas mamarias proceden del sistema inmunitario innato y que la lactación sería, en parte, una respuesta inflamatoria al daño tisular y la infección. Aunque existen dificultades, varios enfoques aproximan la fecha de aparición en la historia evolutiva:

La necesidad evolutiva de alimentar a las crías se ve satisfecha en la producción de leche propia de los mamíferos:

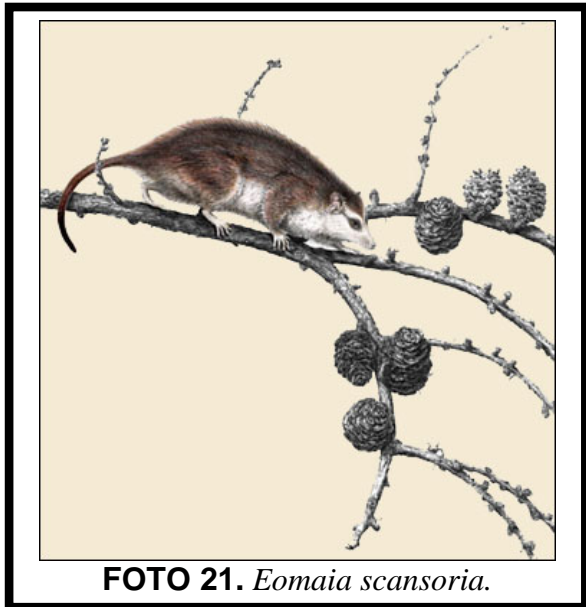


FOTO 21. *Eomaia scansoria*.

- En primer lugar, la caseína tiene una función, comportamiento e incluso motivos estructurales similares a la vitelogenina. La caseína apareció hace entre 200 y 310 ma. Se observa que, aunque en monotremas aún existe esta proteína, fue sustituida progresivamente por la caseína, permitiendo un menor tamaño de los huevos y finalmente su retención intrauterina.
- Por otra parte, se observan modificaciones anatómicas en los cinodontos avanzados que sólo se explican por la aparición de la lactancia, como el pequeño tamaño corporal, huesos epipúbicos y bajo nivel de reemplazo dental.

El fósil más antiguo de los mamíferos placentarios descubierto hasta la fecha es *Eomaia scansoria*, un pequeño animal que exteriormente se asemejaba a los roedores actuales y vivió hace 125 millones de años durante el periodo Cretácico. Es casi seguro que este animal produjo leche como los mamíferos placentarios actuales.

3. LAS CELULAS MAMARIAS.

La genética de la leche trata, por una parte, de describir los genes implicados en su biosíntesis, así como su regulación y, por otra, de la selección de razas o individuos o su modificación genética para aumentar la producción, su calidad o utilidades. De esto último también se ocupa la zootecnia.

3.1. Regulación.

La producción de leche está regulada por hormonas lactogénicas (insulina, prolactina y glucocorticoides), citoquinas y factores de crecimiento y por sustrato. Estas activan factores de transcripción, tales como Stat5 (activado por prolactina).

Se han identificado varias secuencias diana de estos factores, como el anterior y también para BLGe-1, OCT-1, C/EBP, Gr, Ets-1, YY1, Factor 5, Ying Yang 1 y la proteína de unión al promotor CCAAT. Estos elementos se suelen situar a una distancia variable, según especies (en las caseínas sensibles al calcio humanas es una de las más distantes al origen de la transcripción, a -4700/ -4550 nucleótidos) y se reúnen en grupos (clusters) que contienen tanto elementos negativos como positivos, regulándose por combinaciones de factores, de ahí la gran variabilidad en la regulación de cada proteína. Por ejemplo, las caseínas parecen regularse independientemente unas de otras. (Fox y McSweeney, 2003).

Los transcritos (mRNA) de las proteínas de la leche llegan a constituir el 60-80% de todo el ARN presente en una célula epitelial durante la lactancia.

3.2. Genómica.

Las redes de regulación génica en la producción de leche no se comprenden bien todavía. De un estudio realizado mediante microarrays, localización celular, interacciones interproteicas y minería de datos génicos en la literatura se han podido extraer algunas conclusiones generales.

- Cerca de una tercera parte del transcriptoma está implicado en la construcción, funcionamiento y desensamblaje del aparato de la lactancia.
- Los genes implicados en el aparato de secreción se transcriben antes de la lactancia.
- Todos los transcritos endógenos derivan de menos de 100 genes.
- Mientras que algunos genes se transcriben característicamente cerca del inicio de la lactancia, este inicio está mediado principalmente de forma post-transcripcional.
- La secreción de materiales durante la lactancia sucede no por sobrerregulación de funciones genómicas nuevas, sino por una supresión transcripcional generalizada de funciones como la degradación de proteínas y comunicaciones célula-ambiente.

3.3. Citología.

Las células epiteliales secretoras de leche separan activamente los materiales procedentes de los vasos sanguíneos circundantes, en lo que se ha llamado “barrera mamaria”. Una vez franqueada la barrera, las células obtienen los precursores que necesitan para la fabricación de leche a través de su membrana basal y basolateral, que serían: iones, glucosa, ácidos grasos y aminoácidos. En rumiantes también se utiliza el acetato y el β -hidroxibutirato como precursores.

Algunas proteínas, en especial las inmunoglobulinas también pueden traspasar esta barrera. La leche es expulsada por la membrana apical. Los lípidos de la leche se sintetizan en el retículo endoplásmico liso, en tanto que la caseína debe madurar en el aparato de Golgi, donde también tiene lugar la biosíntesis de la lactosa.

3.4. Histología.

Desde el punto de vista histológico, la leche se produce en las glándulas mamarias, que son una evolución por hipertrofia de las glándulas sudoríparas apocrinas asociadas al pelo, lo cual aún se evidencia en los ornitorrincos. La glándula mamaria activa está compuesta por lóbulos, cada uno de los cuales posee numerosos lobulillos y éstos a su vez pequeños alvéolos con células epiteliales cilíndricas altas o bajas, dependiendo del ciclo de actividad, que son las encargadas de producir la leche. Entre éstas y la lámina basal del alvéolo se encuentran algunas células mioepiteliales estrelladas. El epitelio de los conductos entre los lobulillos es un ejemplo destacado de epitelio biestratificado cúbico (Bloom-Fawcett, 1999).

4. DEFINICIÓN Y OBTENCIÓN.

Se puede definir la leche desde los siguientes puntos de vista:

- Biológico: es una sustancia segregada por la hembra de los mamíferos con la finalidad de nutrir a las crías.
- Legal: producto del ordeño de un mamífero sano y que no representa un peligro para el consumo humano.
- Técnico o físico-químico: sistema en equilibrio, constituido por tres sistemas dispersos: solución, emulsión y suspensión.

4.1. Animales productores de leche.

Actualmente, la leche que más se utiliza en la producción de derivados lácteos es la de vaca (debido a las propiedades que posee, a la cantidad que se obtiene, agradable

sabor, fácil digestión, así como la gran cantidad de derivados obtenidos). Sin embargo, no es la única que se explota. También están la leche de cabra, asna, yegua, camella, entre otras.

El consumo de determinados tipos de leche depende de la región y el tipo de animales disponibles. La leche de cabra es ideal para elaborar dulce de leche (también llamado cajeta) y en las regiones árticas se emplea la leche de ballena. La leche de asna y de yegua son las que contienen menos materia grasa, mientras que la de foca contiene más de un 50% de aquella.

La leche de origen humano no se produce ni se distribuye a escala industrial. Sin embargo, puede obtenerse mediante donaciones. Existen bancos de leche que se encargan de recogerla para proporcionársela a niños prematuros o alérgicos que no pueden recibirla de otro modo. A nivel mundial, hay varias especies de animales de las que se puede obtener leche: la oveja, la cabra, la yegua, la burra, la camella (y otras camélidas, como la llama o la alpaca), la yaka, la búfala, la rena y la alcesa.

La leche proveniente de la vaca (*Bos taurus*) es la más importante para la dieta humana y la que tiene más aplicaciones industriales.

La leche de vaca de la raza Holstein es la que se emplea con mayor frecuencia en las granjas lecheras.

4.1.1. La vaca europea e índica (*Bos taurus*).

Se comenzó a domesticar hace 11.000 años con dos líneas maternas distintas, una para las vacas europeas y otra para las índicas. El ancestro del actual *Bos taurus* se denominaba *Bos primigenius*. Se trataba de un bovino de amplios cuernos que fue domesticado en Oriente Medio, se expandió por parte de África, y dio lugar a la famosa raza cebú de Asia central. El cebú es valorado por su aporte cárnico y por su leche. La variante europea del *Bos primigenius* tiene los cuernos más cortos y está adaptada para la cría ganadera en establo. Es la que ha acabado dando un mayor conjunto de razas lecheras tales como la Holstein, Guernsey, Jersey, etc.



FOTO 22. *Bos taurus*.

4.1.2. El búfalo.

El denominado búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) fue domesticado en 3000 a. C. en Mesopotamia. Este animal es muy sensible al calor y su nombre denota la costumbre que tiene de meterse en el agua para protegerse de él. En general, es poco conocido en Occidente. Los árabes lo trajeron a Oriente Medio durante la Edad Media (700 a. C.). Su empleo en ciertas zonas de Europa data de aquella época. Por ejemplo, en la elaboración de la famosa mozzarella de búfala italiana. Los productos elaborados con leche de búfala empiezan a sustituir en algunas comunidades a los de leche de vaca.



FOTO 23. *Bubalus bubalis.*

4.1.3. El yak.



FOTO 24. *Bos grunniens.*

Llamado científicamente *Bos grunniens*, es un bovino de pelo largo que contribuye de forma fundamental en la alimentación de las poblaciones del Tíbet y de Asia central. Posee una leche rica en proteínas y en grasas (su concentración es superior a su equivalente vacuno). Los tibetanos elaboran con ella mantequillas y diferentes productos lácteos fermentados. Uno de los más conocidos es el té

con mantequilla salado.

4.1.4. La oveja.

Se domesticó en el Levante mediterráneo, principalmente a partir de *Ovis aries*. A partir de evidencias arqueológicas se han identificado cinco líneas mitocondriales producidas entre el 9000 y 8000 a. C. La leche de oveja es más rica en contenido graso



FOTO 25. *Ovis aries.*

que la leche de búfalo e incluso es más rica en contenido proteínico. Es muy valorada en las culturas mediterráneas.

4.1.5. La cabra.



FOTO 26. *Capra hircus.*

Comenzó a domesticarse principalmente en el valle de Éufrates y los montes Zagros a partir de *Capra hircus* aproximadamente al mismo tiempo que las vacas (10.500 años). Posee una leche con un sabor y aroma fuertes.

La leche caprina es algo distinta a la de la oveja, principalmente en lo que respecta al sabor, contiene una mayor cantidad de cloruros lo que le da el sabor levemente salado. Además es más “gruesa” en contenido

de natas (caseinatos), y presenta mayores niveles de calcio. Con la materia grasa de esta leche se fabrica el queso de cabra.

4.1.6. El camello.

Es un animal lejano a los bóvidos y los ovicápridos (cabras y ovejas). Fue domesticado en el 2500 a. C. en Asia Central. Su leche es muy apreciada en los climas áridos donde algunas culturas la utilizan constantemente, por ejemplo, la gastronomía del noroeste de África.

4.1.7. La llama y la alpaca.

Son animales comunes en la serranía andina en América del Sur. Su producción láctea se dirige principalmente al consumo local y no tiene mayor proyección industrial.

4.1.8. Cérvidos.

En diversas poblaciones cercanas al Ártico es frecuente el consumo de la leche de cérvidos, como el reno (*Rangifer tarandus*) y la alces (*Alces alces*). Esta última se comercializa en Rusia y en Suecia. Algunos estudios sugieren que puede proteger a los niños contra las enfermedades gastrointestinales.

4.1.9. Equidos.

La producción de leche de yegua es muy importante para muchas poblaciones de las estepas de Asia central, en especial para la producción de un derivado fermentado llamado kumis, ya que consumida cruda tiene un poderoso efecto laxante. Esta leche

tiene un contenido más elevado en hidratos de carbono que la de cabra o vaca y por ello es más apta para fermentados alcohólicos.

Se calcula que en Rusia existen unas 230.000 caballos dedicados a la producción de Kumis.

La leche de asna es una de las más semejantes a la humana en cuanto a composición. Se han realizado estudios con éxito para suministrarla como alimento a niños alérgicos a la leche de vaca. También existen granjas en Bélgica que producen leche de asna para usos cosméticos. Una de las personas de las llamadas “extremas longevas”, la



FOTO 27. Potro mamando.

ecuatoriana Maria Ester Capovilla, quien falleció a la edad de casi 117 años, alegó que el secreto de su longevidad era el consumo diario de este tipo de leche.

La leche de cebra se ha convertido en un artículo demandado por millonarios excéntricos.

4.2. El ordeño.

Las técnicas de ordeño son básicamente dos:

4.2.1. Manual.



FOTO 28. Ordeño manual.

Es necesario limpiar las ubres del animal de manera aséptica (esto es, con un jabón especial y usando siempre agua potable) para evitar contagiar al animal con mastitis. Luego, la cara del ordeñador siempre debe ver directamente al vientre de la vaca, posicionar la mano derecha en un pezón de la ubre, mientras que con la izquierda se agarra otro, ubicado en el mismo plano de la mano, pero en el plano posterior de la ubre, y después invertirlo constantemente. Esto significa que cada mano ordeñará un par de pezones; mientras una mano agarra el anterior de un par, la otra tira el posterior del otro.

4.2.2. Mecánica.

Utiliza una succionadora que ordeña a la vaca en el mismo orden que el ordeño manual. Extrae la leche haciendo el vacío. La diferencia radica en que lo hace en menos tiempo y sin riesgo de dañar el tejido de la ubre. Se emplea en las industrias y en algunas granjas donde el ganado lechero es muy grande. Las succionadoras deben limpiarse con una solución de yodo al 4%.

Al realizar el ordeño, siempre deben realizarse dos tareas:

1. Desinfectar el pezón con agua destilada:

Esto se realiza con una malla fabricada con manta de cielo (una tela de color blanco realizada con hilo fino). Al disparar un chorrillo de leche hacia ésta, se debe observar si la leche sale sin grumos, puesto que esto puede significar que la vaca tiene mastitis.

2. Sellar el pezón.

Se realiza con la misma solución con la que se limpian las succionadoras. La diferencia radica en que el pezón se va a limpiar totalmente con esta solución para cerrar el conducto lactífero. De esta forma se evita que el pezón se infecte. Si la succionadora generó una herida en el animal, pues éste tiene piel muy sensible, el yodo evitará una infección posterior.



FOTO 29. Succionadoras.

5. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

No todas las leches de los mamíferos poseen las mismas propiedades. Por regla general puede decirse que la leche es un líquido de color blanco mate y ligeramente viscoso, cuya composición y características físico-químicas varían sensiblemente según las especies animales, e incluso según las diferentes razas. Estas características también varían en el curso del período de lactación, así como en el curso de su tratamiento.

5.1. Propiedades físicas.

La leche de vaca tiene una densidad media de 1,032 g/ml. Es una mezcla compleja y heterogénea compuesta por un sistema coloidal de tres fases:

- Solución: los minerales así como los hidratos de carbono se encuentran disueltos en el agua.
- Suspensión: las sustancias proteicas se encuentran con el agua en suspensión.
- Emulsión: la grasa en agua se presenta como emulsión.

Contiene una proporción importante de agua (cerca del 87%). El resto constituye el extracto seco que representa 130 gramos (g) por l y en el que hay de 35 a 45 g de materia grasa.

Otros componentes principales son los glúcidos (lactosa), las proteínas y los lípidos que son componentes orgánicos (*glúcidos, lípidos, proteínas, vitaminas*), y los componentes minerales (*Ca, Na, K, Mg, Cl*).

La leche contiene diferentes grupos de nutrientes. Las sustancias orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas) están presentes en cantidades más o menos iguales y constituyen la principal fuente de energía. Estos nutrientes se reparten en elementos constructores, las proteínas, y en compuestos energéticos, los glúcidos y los lípidos.

5.2. Propiedades químicas.

El pH de la leche es ligeramente ácido (pH comprendido entre 6,6 y 6,8). Otra propiedad química importante es la acidez, o cantidad de ácido láctico, que suele ser de 0,15-0,16% de la leche.

Las sustancias proteicas de la leche son las más importantes en el aspecto químico. Se clasifican en dos grupos: proteínas (la caseína se presenta en 80% del total proteínica, mientras que las proteínas del suero lo hacen en un 20%), y las enzimas.

La actividad enzimática depende de dos factores: la temperatura y el pH; y está presente en todo el sistema de diversas formas:

- La fosfatasa es un inhibidor a temperaturas de pasteurización e indica que se realizó bien la pasteurización.
- La reductasa es producida por microorganismos ajenos a la leche y su presencia indica que está contaminada.
- La xantoxidasa en combinación con nitrato de potasio (KNO₃) inhibe el crecimiento de bacterias butíricas.
- La lipasa oxida las grasas y da olor rancio a los productos y se inhibe con pasteurización.
- La catalasa se incrementa con la mastitis y, si bien no deteriora el alimento, se usa como indicador microbiológico.

5.3. Composición de la leche.

Inmediatamente después del parto, la hembra del mamífero comienza a producir secreciones mamarias; durante los dos o tres primeros días produce el calostro. Pasado este período, el animal sintetiza propiamente la leche durante todo el periodo de lactancia, que varía de 180 a 300 días (dependiendo de muchos factores), con una producción media diaria muy fluctuante que va desde 3 hasta 25 litros.

La leche se sintetiza fundamentalmente en la glándula mamaria, pero una gran parte de sus constituyentes provienen del suero de la sangre. Su composición química es muy compleja y completa, lo que refleja su gran importancia en la alimentación de las crías. La composición de la leche depende de las necesidades de la especie durante el periodo de crianza.

5.3.1. Lactosa.

La lactosa es un disacárido presente únicamente en leches, representando el principal y único hidrato de carbono. Sin embargo, se han identificado pequeñas cantidades de glucosa, galactosa, sacarosa, cerebrósidos y aminoazúcares derivados de la hexosamina.

La lactosa se sintetiza en la glándula mamaria por un sistema enzimático en el que interviene la α -lactoalbúmina para después segregarse en la leche. Es un 15% menos edulcorante que la sacarosa y contribuye, junto con las sales, al sabor global del alimento. Hay ciertos sectores de la población (sobre todo de raza negra y mestizos latinoamericanos) que no toleran la leche debido a su contenido de lactosa. Esto se debe a que la mucosa del intestino delgado no sintetiza la lactasa que es la enzima que hidroliza el enlace glucosídico y separa el azúcar en glucosa y galactosa.

Cuando la lactosa llega al colon, fermenta y produce hidrógeno, dióxido de carbono y ácido láctico, que irritan este órgano; además, se absorbe agua en el intestino para equilibrar la presión osmótica. Todo esto puede traer como resultado diarrea, flatulencias y calambres abdominales. Para remediar esta anomalía bioquímica que afecta a algunos sectores de la población mundial, los productores adicionan al permeado (suero) una enzima, la α -lactasa que hidroliza el disacárido en sus dos monosacáridos y así es tolerada por los grupos alérgicos a la lactosa.

La lactosa es producida desde que el bebé comienza a lactar, y comienza a disminuir su producción con el crecimiento, ya que biológicamente el humano no requiere obligatoriamente de leche en su dieta básica después de la infancia, como demuestra que el 70 u 80% de los adultos prescinden de ella.

5.3.2. Lípidos o grasas.

Las propiedades de la leche son el reflejo de los ácidos grasos que contiene. Así tenemos varios grupos de lípidos presentes en la leche: triacilglicéridos, diacilglicéridos, monoacilglicéridos, fosfolípidos, ácidos grasos libres, esteroides y sus ésteres, y algunos carbohidratos.

Los triacilglicéridos se encuentran como pequeñas partículas llamadas glóbulos. Contienen una gran cantidad de ácidos grasos, identificándose hasta 400 tipos diferentes en la leche de vaca (los aceites tienen entre 8 y 10).

La leche es el alimento que tiene la composición lipídica más compleja. Sin embargo, el 96% del total lo conforman sólo 14 ácidos grasos, siendo los más importantes el ácido mirístico, el ácido palmítico y el ácido oleico. La gran cantidad de grasas se debe a la alimentación del bovino y a la intensa actividad del rumen.

En el caso de las focas, el exceso de contenido graso se debe a la dieta basada en peces y es parte de una adaptación natural para que la cría soporte el frío extremo.

En el caso de la leche humana, el contenido graso depende de la nutrición equilibrada de la mujer durante el embarazo y la lactancia; de ahí que una dieta plenamente omnívora beneficie al contenido graso exacto de la leche.

5.3.3. Caseínas.

De todas las proteínas presentes en la leche, las más comunes y representativas son tres, y todas son caseínas: la caseína- α_1 , la caseína- β y la caseína- κ . En la industria láctea, es muy importante la caseína- κ , que posee, entre otras, las siguientes características:

La caseína- κ es útil principalmente para la elaboración de quesos (la más rica en este tipo de caseína es la leche de vaca, mientras que la más pobre proviene de la leche humana) debido a que al ser hidrolizada por la renina es posible que se precipite en paracaseína- κ , la cual al reaccionar con el calcio genera paracaseinato de calcio.

5.3.4. La fase micelar.

Las caseínas interaccionan entre sí formando una dispersión coloidal que consiste en partículas esféricas llamadas micelas con un diámetro que suele variar entre 60 a 450nm poseyendo un promedio de 130nm. Existe un modelo propuesto que considera que la micela se encuentra a su vez constituida por subunidades de la misma forma, con un diámetro de entre 10 y 20nm.

Las submicelas se constituyen a partir de la interacción constante entre las caseínas α , β y κ . Hay que resaltar la función estabilizadora de la caseína κ contra la precipitación de calcio de otras fracciones proteínicas.

5.3.5. Suero de la leche.

A partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir de 1 a 2 kg de queso (es decir, en su mayor parte de caseína) y un promedio de 8 a 9 kg de suero de leche. El suero es el conjunto de todos los componentes de la leche que no se integran en la coagulación de la caseína, y de acuerdo con el tipo de leche pueden tener dos tipos de sueros, clasificados por su sabor:

- El suero dulce, que proviene de quesos coagulados con renina. La mayoría de este suero se compone de nitrógeno no proteico (22% del total) y tiene una gran concentración



FOTO 30. Suero de leche.

de lactosa (cerca del 4,9% de todo el suero). Es el más rico en proteínas (0,8%) pero muy pobre en cuestión de ácido láctico (0,15%). El resto del suero es un conjunto de sales, minerales y grasas que varían de especie a especie. El pH oscila entre 6 y 6,2.

- El suero ácido, que proviene de quesos coagulados con ácido acético. Es el subproducto común de la fabricación de queso blanco y requesón y por su pH (4,6) resulta corrosivo para los metales. Contiene una mayor proporción de nitrógeno no proteico (27% del total) y posee menos lactosa en concentración (4,3%) ya que, por provenir de leches ácidas, parte de la lactosa se convierte en ácido láctico por la fermentación. Por ello, tiene más cantidad de ácido láctico (0,75%). Debido a la desnaturalización, es más pobre en proteínas (0,6%). Suele tener menor concentración de sales, minerales y grasas, cuyas concentraciones varían de especie a especie.

Los lactatos y los fosfatos (sales muy comunes en el suero) ayudan a guardar el equilibrio ácido-base e influyen mucho en las propiedades del suero (estabilidad y precipitación térmica). El suero tiene una proporción baja de proteínas, sin embargo poseen más calidad nutritiva que las caseínas del queso.

La excesiva producción de suero al elaborar queso ha sido siempre una preocupación y se han ideado muchas formas de aprovecharlo. Una de las más sencillas, de tipo casero, es calentarlo para precipitar las proteínas y luego prensarlo o filtrarlo. En muchas poblaciones de México suele comerse inmediatamente después de salarlo (y recibe el nombre de requesón). Sus aplicaciones industriales suelen venir una vez que se le deshidrata, cuando es poco soluble. Durante la evaporación (para eliminar el agua) y la aspersion (para secarlo) puede perder sus propiedades nutricionales por lo que el pH y la temperatura de estos dos procesos deben vigilarse con esmero durante el secado del extracto.

Las proteínas del suero son compactas, globulares, con un peso molecular que varía entre 14.000 y 1.000.000 de daltones, y son solubles en un amplio intervalo de pH (se mantienen intactas cuando la leche se corta de manera natural, ya que no ha habido presencia de calor que desnaturalice las proteínas).

En estado natural no se asocian con las caseínas, pero en la leches tratadas térmicamente y homogeneizadas, una parte de estas proteínas sí lo hace. Las proteínas del suero constan por lo menos de 8 fracciones diferentes, todas sensibles a temperaturas altas (procesos térmicos) y por ello son las primeras en degradarse con procesos como la pasteurización o la UHT. La razón por la que la leche no se descompone estando fuera de refrigeración una vez tratada térmicamente es porque las proteínas del suero, al desnaturalizarse, liberan un grupo sulfhidrilo que reduce la actividad de la oxidación de manera parcial. Las proteínas del suero con mayor importancia en la leche son:

a) α -lactalbúmina:

Constituye el sistema enzimático requerido para la síntesis de la lactosa. Las leches de animales que no presentan esta proteína tampoco contiene lactosa. No posee sulfhidrilos libres pero sí cuatro disulfuros que ceden las Cistinas, por lo que tiene 2,5 más azufre que la caseína. Posee bajo peso molecular y un alto contenido en Triptófano. Se considera que hace mucho tiempo, las aves y los bovinos estuvieron unidos por un tronco común genético (no taxonómico) debido a que la secuencia de aminoácidos de esta proteína es semejante a la lisozima del huevo. Se desnaturaliza a 63°C.

b) β -lactoglobulina:

Insoluble en agua destilada y soluble en diluciones de sales, se desnaturaliza y precipita a menos de 73°C (no resiste la pasteurización). Esta proteína no se encuentra en la leche humana, siendo abundante especialmente en rumiantes y es considerada la

responsable de ciertas reacciones alérgicas en los infantes. Existen tratamientos industriales que permiten modificar los componentes de la leche de vaca para que se parezcan a los de la leche humana y poder así dársela a los bebés. En estos procesos se elimina ésta fracción proteínica por precipitación con polifosfatos o por filtración en gel, para después mezclarla con otros componentes (caseína, aceite de soja, minerales, vitaminas, lisozima, etc.).

c) Proteína ácida del suero (WAP, en inglés):

Es un componente de la leche que sólo se encuentra en la categoría GLIRES, que agrupa a roedores y lagomorfos, aunque se han encontrado secuencias relacionadas en el cerdo. Del hecho de que contienen dominios similares a inhibidores de la proteasa se observa que su función es antimicrobiana y protectora de las mucosas orales.

d) Inmunoglobulinas:

Suman el 10% del total de las proteínas del suero y provienen de la sangre del animal. Pertenecen a los tipos IgA e IgE y proceden de las células plasmáticas del tejido conjuntivo de la mama. Algunos científicos, ven en ello la razón de ser de la leche, ya que permiten transmitir cierta inmunidad a la cría (principalmente la memoria de las enfermedades que la madre ha sufrido). Suelen ser muy abundantes en el calostro (hasta 100g/L).

5.4. Propiedades microbiológicas.

La leche recién obtenida es un sustrato ideal para un gran número de géneros bacterianos, algunos beneficiosos y otros perjudiciales, que provocan alteraciones diversas del alimento y sus propiedades.

Como control de calidad, la leche cruda o leche bronca (sin pasteurizar) se analiza antes de determinar el destino como producto terminado, si el recuento de gérmenes es mayor que 100.000 UFC (Unidades Formadoras de Colonias) es una leche de inferior calidad que una cuyo recuento sea menor a ese número. También se determina la potencialidad de brucelosis que pudiera presentar.

5.5. Propiedades nutricionales.

Su diversificada composición, en la que entran grasas (donde los triglicéridos son la fracción mayoritaria con el 98% del total lipídico y cuyos ácidos grasos que los forman son mayormente saturados), proteínas, (caseína, albúmina y proteínas del suero) y glúcidos (lactosa, azúcar específica de la leche), la convierten en un alimento completo. Además, la leche entera de vaca es una importante fuente de vitaminas

(vitaminas A, B, D₃, E). La vitamina D es la que fija el fosfato de calcio a dientes y huesos, por lo que es especialmente recomendable para niños.

El calostro es un líquido de color amarillento, rico en proteínas y anticuerpos, indispensables para la inmunización del recién nacido. A pesar de ello, no tiene aplicación industrial.

6. PROCESOS INDUSTRIALES.

La leche cruda o leche bronca no sería apta para su comercialización y consumo sin ser sometida a ciertos procesos industriales que aseguraran que la carga microbiológica está dentro de unos límites seguros. Por eso, una leche con garantías de salubridad debe haber sido ordeñada con métodos modernos e higiénicos de succión en los cuales no hay contacto físico con la leche. Después de su ordeño, ha de enfriarse y almacenarse en un tanque de leche en agitación y ser transportada en cisternas isoterma hasta las plantas de procesado.

En dichas plantas, ha de analizarse la leche antes de su descarga para ver que cumple con unas características óptimas para el consumo.

Entre los análisis, están los fisicoquímicos para ver su composición en grasa y extracto seco, entre

otros parámetros, para detectar posibles fraudes por aguado, los organolépticos, para detectar sabores extraños y los bacteriológicos, que detectan la presencia de bacterias patógenas y de antibióticos. Estos pasan a la leche procedentes de la vaca en tratamiento veterinario y a su vez pasan al consumidor. La leche que no cumple con los requisitos de calidad, debe ser rechazada.

Una vez comprobado su estado óptimo, es almacenada en cisternas de gran capacidad y dispuesta para su envasado comercial.



FOTO 31. Maquinaria.

6.1. Depuración.

La leche, según la aplicación comercial que se le vaya a dar puede pasar por una gran cantidad de procesos, conocidos como procesos de depuración. Éstos aseguran la calidad sanitaria de la leche, y se listan a continuación:

6.1.1. Filtración.

Se utiliza para separar la proteína del suero y quitar así las impurezas como sangre, pelos, paja, estiércol. Se utiliza una filtradora o una rejilla.

6.1.2. Homogenización.

Llamada también homogeneización. Se utiliza este proceso físico que consiste en la agitación continua (neumática o mecánica) ya sea con una bomba, una homogeneizadora o una clarificadora, y cuya finalidad es disminuir el glóbulo de grasa antes de calentarla y evitar así que se forme nata. Éste debe ser de 1 μ m (micrómetro) de diámetro.

Cuando se estandariza la leche o se regulariza el contenido graso, se mezcla con homogeneización, evitando la separación posterior de fases. Se realiza a 50°C para evitar la desnaturalización. La homogeneización, después de la pasteurización, estabiliza la grasa en pequeñas partículas que previenen el cremado durante la fermentación y genera una mejor textura ya que la interacción entre caseínas y los glóbulos de grasa se vuelve favorable para hacer derivados lácteos que requieren fermentación.

6.1.3. Estandarización.

Cuando una leche no pasa positivamente la prueba de contenido graso para elaborar determinado producto, se utiliza leche en polvo o grasa vegetal. Se realiza de dos formas: primero de manera matemática (con procedimientos como el ji-cuadrado de Pearson o Balance de materia) y la otra práctica, midiendo las masas y mezclándolas.

Antes de que la leche pase a cualquier proceso, debe tener 3,5% de contenido graso. Este proceso se emplea también cuando la leche, una vez tratada térmicamente, perdió algún tipo de componentes, lo cual se hace más habitualmente con la leche que pierde calcio y a la que se le reincorporan nuevos nutrientes.

6.1.4. Deodorización.

Se utiliza para quitar los olores que pudieran impregnar la leche durante su obtención (estiércol, por ejemplo). Para ello se emplea una cámara de vacío, donde los olores se eliminan por completo. La leche debe oler dulce o ácida.

6.1.5. Bactofugación.

Elimina las bacterias mediante centrifugación. La máquina diseñada para esta función se llama bactófuga. Genera una rotación centrífuga que hace que las bacterias mueran y se separen de la leche. La leche debe tener 300.000 UFC/mL (Unidades formadoras de colonia por cada mililitro). Antes de realizar una bactofugación se debe realizar un cultivo de las bacterias que hay en la leche e identificarlas, esto es muy importante ya que permite determinar el procedimiento más efectivo para eliminar una bacteria específica.

Se suele tomar como estándar que 1800 segundos calentando a 80°C elimina a los coliformes, al bacilo de la tuberculosis y las esporas; así como la inhibición de las enzimas fosfatasa alcalina y la peroxidasa. Pero esto es sólo un estándar muy variable que depende de muchas condiciones.

6.1.6. Clarificación.

Se utiliza para separar sólidos y sedimentos innecesarios presentes en la leche (como polvo o tierra, partículas muy pequeñas que no pueden ser filtradas). Se utiliza una clarificadora, donde se puede realizar el proceso de dos formas: calentando la leche a 95 °C y dejándola agitar durante 15 minutos, o bien calentándola a 120 °C durante 5 minutos.

6.2. Tratamientos térmicos.

Una vez que ya se realizó la depuración, la leche puede ser tratada para el consumo humano mediante la aplicación de calor para la eliminación parcial o total de bacterias.

De acuerdo con el objetivo requerido, se empleará la termización, la pasteurización, la ultrapasteurización o la esterilización.

6.2.1. Termización.

Con este procedimiento se reduce o inhibe la actividad enzimática.

6.2.2. Pasteurización (Slow High Temperature, SHT).

Con este procedimiento la leche se calienta a temperaturas determinadas para la eliminación de microorganismos patógenos específicos: principalmente la conocida como *Streptococcus thermophilus*. Inhibe algunas otras bacterias.

6.2.3. Ultrapasteurización (Ultra High Temperature, UHT).

En este procedimiento se emplea mayor temperatura que en la pasteurización. Elimina todas las bacterias menos las lácticas. No requiere refrigeración posterior.

6.2.4. Esterilización.

La alta temperatura empleada de 140 °C por 45s elimina cualquier microorganismo presente en la leche. No se refrigera posteriormente; esta leche recibe el nombre también de higienizada. Este proceso no aplica a leches saborizadas o reformuladas pues sufren caramelización.

La esterilización puede ocurrir en unas autoclaves en línea denominadas Barriquands. Las leches blancas tratadas de este modo se embalan en tetrabrik o cajas de cartón especial higienizadas y recubiertas internamente con un film satinado.

Después de un tratamiento térmico la refrigeración puede ser prescindible debido a que no es necesario bajar la temperatura en todos los casos, solamente cuando la leche aún posee microorganismos.

De acuerdo con la calidad microbiana saliente se considera la refrigeración; de ahí que la termización tenga refrigeración obligada y la esterilizada no. Si no existen bacterias o actividad enzimática la leche no se alterará a temperatura ambiente; si dejamos cualquier leche en un vaso y sin tapar entonces el oxígeno hará lo propio como agente oxidante, más no debido a actividades internas de la leche.

7. PRESENTACIÓN DE LA LECHE EN EL MERCADO.

La presentación de la leche en el mercado es variable, ya que se acepta por regla general la alteración de sus propiedades para satisfacer las preferencias de los consumidores. Una alteración muy frecuente es deshidratarla (Liofilización) como leche en polvo para facilitar su transporte y almacenaje tras su ordeñado. También es usual reducir el contenido de grasa, aumentar el de calcio y agregar sabores.

Los requisitos que debe cumplir un producto para ubicarse en las diferentes categorías varían mucho de acuerdo a la definición de cada país:

- Entera: Tiene un contenido en grasa del 3,2%
- Leche descremada o desnatada: Contenido graso inferior al 0,3%
- Semi descremada o Semi desnatada: Con un contenido graso entre 1,5 y 1,8%
- Saborizada: Es la leche azucarada o edulcorada a la que se le añaden sabores tales como fresa, cacao en polvo, canela, vainilla, etc. Normalmente son desnatadas o semi desnatadas.

- Galatita: Plástico duro obtenido del cuajo de la leche o más específicamente a partir de la caseína y el formol.
- En polvo o Liofilizada: A esta leche se le ha extraído el 95% del agua mediante procesos de atomización y evaporación. Se presenta en un polvo color crema. Para su consumo sólo hay que rehidratarla con agua o con leche.
- Condensada, concentrada o evaporada: A esta leche se le ha extraído parcialmente el agua y se presenta mucho más espesa que la leche fluida normal. Puede tener azúcar, añadida o no.
- Enriquecidas: Son preparados lácteos a los que se le añade algún producto de valor nutritivo como vitaminas, calcio, fósforo, omega-3, etc.

8. LAS CONTROVERSIAS SOCIALES DEL CONSUMO DE LA LECHE.

Si bien la leche es un alimento natural y nutritivo, su obtención, tratamiento, manejo y publicidad han generado controversia, que tuvo auge en 1960 y que actualmente continúa ya más como tendencia ideológica que como revolución cultural. La leche ha generado diversas polémicas donde se han presentado gran variedad de argumentos.

8.1. El bienestar animal.

La principal razón de esta controversia es la forma en la que se obtiene la leche de los animales. El tema en cuestión es la forma en la que el hombre trata a los animales para satisfacer sus necesidades básicas.

Como ocurre con todos los mamíferos, la hembra sólo da leche después de dar a luz. De ahí que la vida de un hato productor de leche esté basada en la inseminación constante y la crianza. Muchos métodos actuales aseguran la variabilidad de características de la leche con la inseminación artificial (que consiste en introducir en la vagina de la hembra semen de un macho) donde el semen empleado es del mismo macho para todo el ganado.

Algunas investigaciones han determinado el gran perjuicio que le genera al animal tales métodos de obtención. Las condiciones de los traumas causados a éstos no son propios de la industria lechera, sino de la mentalidad humana (los traumas que pueden tener los animales de granja los pueden tener los que están en cautiverio, los de

circo o las mismas mascotas). De igual modo, se ha sugerido que es preferible adquirir el calcio de otros alimentos que poseen mayor abundancia de este elemento.

Otras investigaciones demuestran que la leche de los mamíferos no es indispensable para el ser humano ya que éste se ha acostumbrado evolutivamente a su consumo. Cuando el niño ingiere leche de su madre, recibe el factor bífidus (N-Acetil-D-Glucosamina) que propicia el crecimiento del *Lactobacillus bifidus* en el intestino del bebé, donde produce grandes cantidades de ácido láctico a partir de lactosa, que aumenta la acidez del intestino e inhibe el desarrollo de microorganismos patógenos que pueden afectar seriamente al infante; claro está que es reemplazado posteriormente por el *L. acidophilus*, por lo que no requiere de leche. De la misma manera la leche de otros mamíferos contiene compuestos exclusivos para cada especie que son utilizados biológicamente por sus respectivas crías.

También se argumenta, por ejemplo, que es un gran trauma para la hembra perder a su cría, puesto que ésta será vendida o subastada, y en ocasiones sacrificada; se dice que las vacas al perder un crío o no tenerlo cerca mugen dolorosamente. Definen, entonces, el trauma de los hatos como un instinto materno natural, como el que experimenta una mujer al perder un hijo.

La Liga Internacional de los Derechos del Animal adoptó en 1977 y proclamó el 15 de octubre de 1978 la Declaración Universal de los Derechos del Animal, posteriormente aprobada por la Unesco y por la ONU. Con la Declaración Universal de los Derechos de los Animales se definió la forma en la que estaba y no estaba permitido el uso de los animales. Así, el uso de animales para consumo quedó prohibido únicamente en la obtención de pieles, pero la crianza (ganadería) de los mismos sigue siendo legal en todos los países del mundo.

Otra de las controversias en torno al maltrato animal es que cada vaca lechera es enviada al matadero cuando su producción de leche deja de ser económicamente rentable. También los terneros macho son destinados a la industria cárnica y las hembras son destinadas a sustituir a sus madres en la producción de leche.

8.2. Problemas relacionados al consumo de la leche.

Existen autores que consideran la leche de vaca como un alimento nocivo para el ser humano pues, según ellos, sus proteínas y calcio son difícilmente asimilables por la especie humana, ya que aquella es producida en función del estómago del ternero. Los vegetarianos, al no consumir productos de origen animal, rechazan también la ingesta de

leche. La mayor parte de los expertos, sin embargo, considera la leche beneficiosa para la nutrición humana.

El ser humano es la única especie que consume de forma normalizada leche de otras especies, y lo hace además, fuera del período de lactancia. Suponer la naturalidad de la ingesta de dicho producto por tanto, carece de fundamento lógico. Popularmente los lácteos son considerados “esenciales” o “imprescindibles” para la nutrición humana. De ser así, no sería preciso el tratamiento altamente desestabilizante a los que se somete la leche, habiéndose casos de marcas que ofrecen hasta 12 tipos diferentes de leche. Esto es, si la leche fuese beneficiosa, no tendría sentido aplicar cambios en su composición. Lo beneficioso entonces, no sería la leche como tal, sino la sustancia que se deriva de su tratamiento intensivo.

Hay que diferenciar este supuesto peligro de varios posibles problemas que puede causar el consumo de leche a determinadas personas:

- Intolerancia a la lactosa, debido al déficit de lactasa, enzima digestiva que hidrolizaría la lactosa en glucosa y galactosa.
- Alergia a la leche o, más específicamente, alergia a la proteína de la leche de vaca (APLV).
- Intolerancia a la proteína de la leche de vaca AMR (IPLV).

Estudios científicos sugieren que existe una relación entre el consumo de leche y el aumento del riesgo de padecer la enfermedad de Parkinson.

8.3. La perspectiva actual.

A pesar de todo esto, el ser humano es el único que puede consumir leche durante toda su vida. Este hecho se demostró en el siglo XVII por Francis Glisson, profesor de medicina en Inglaterra. Glisson descubrió en África una enfermedad muy común en los niños, que les daba apariencia jorobada, piernas combadas y estatura reducida; a esta enfermedad le denominó rachitis, del griego “espina” (y que actualmente se conoce como raquitismo). Después de estudiar los casos, concluyó que el hecho de que esos niños no consumieran leche les reblandecía la columna y los huesos no se mineralizaban adecuadamente. Sólo aquellos niños con raquitismo que obtenían el calcio del excesivo consumo de carne estaban en condiciones más o menos aceptables.

En la actualidad se sabe que el raquitismo puede ser evitado, entre otras formas, por el consumo de leche durante toda la vida, ya que la leche posee vitamina D y calcio, y la tiroxina (hormona segregada por la glándula tiroides) utiliza ambos recursos para

fijar tanto el calcio como el fósforo en los huesos. Esta proposición fue realizada en 1912 por Casimir Funk, al descubrir y acuñar el término vitamina.

En nuestros días el consumo de leche ha obligado a ciertas empresas a crear una variedad de productos que posean las mismas ventajas que la leche, ya que su consumo ayuda a evitar artritis, osteoporosis y demás padecimientos relacionados con la desmineralización de los huesos; y los nutricionistas recomiendan su consumo diario.

Los estudios indican que no es tanto la cantidad de calcio que ingerimos lo que importa sino la cantidad que perdemos diariamente en la orina, debido a nuestro estilo de vida. A mayor ingesta de proteína, sobre todo de origen animal (incluso de leche y quesos) es mayor la cantidad de calcio que se pierde en la orina. Otros estudios muestran cómo una alta ingesta de calcio puede producir osteoporosis.