

CAMBIOS ORGANOLÉPTICOS Y NUTRICIONALES PRODUCIDOS POR LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS DURANTE EL PROCESAMIENTO DE LA LECHE

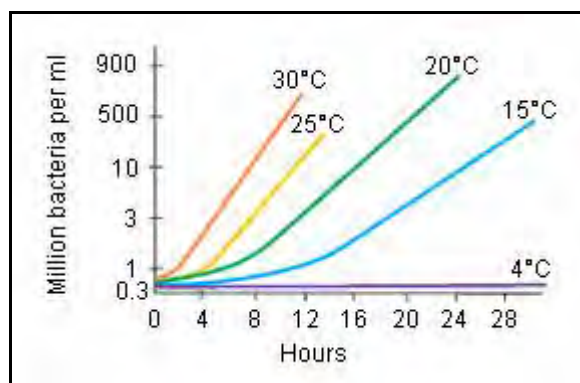
Ing. M.Sc. José Mauricio Zavala Pope*. 2009. Peruláctea.
*Especialista en Agroindustria. Dirección General de Competitividad Agraria, Ministerio de Agricultura del Perú.
www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Leche y derivados](#)

La leche cruda inocua sufre menos deterioro en su calidad original que la leche pasteurizada, ésta menos que la leche UHT (larga vida), la que tiene menos deterioro que la leche en polvo, y por ultimo tenemos la leche evaporada que ha sufrido más que las anteriores; y más daño aun sufre la leche evaporada producida en base a la reconstitución o la recombinação de leche en polvo, porque ha pasado por dos procesos térmicos: en la evaporación y secado de la leche en la producción de la leche en polvo y durante la esterilización de la leche evaporada en el interior de la lata (apertización).



La fuerzas que causan el deterioro (1,2,3) en los alimentos (físicas, químicas, enzimáticas, y fisiológicas), obedecen en su concepción más general a la ecuación de Arrhenius (4), en función directa con la temperatura.



Mientras la leche se encuentra dentro de la glándulas mamarias de las vaca, se encuentra libre de bacterias, pero tan pronto la leche tiene contacto con el aire, ésta empieza a contaminarse, y si la temperatura es favorable, las bacterias se multiplican rápidamente. El crecimiento de las bacterias en la leche sigue la expresión:

$$N = N^{\circ} \times 2^{t/g}$$

en donde:

- ◆ N= Numero de bacterias/ ml en el tiempo t
- ◆ N° = Numero de bacterias/ml en el tiempo 0
- ◆ t = Tiempo de crecimiento en horas
- ◆ g = Tiempo de generación en horas

Con un tiempo de generación de 0.5 h, a temperatura óptima de reproducción (temperatura ambiente), una bacteria/ml en la leche puede convertirse en un millón de bacterias (1'000.000 bact/ml). La anterior tasa de reproducción hace que la leche sea un alimento altamente perecedero y por lo tanto es de vital importancia detener este proceso.

La severidad de los tratamientos térmicos de preservación efectivos para la leche (que detienen la cinética de deterioro), están en función inversa a su calidad primigenia, determinada por los cuidados que se ha tenido en su producción y ordeño (condiciones sanitarias y de manejo), así como de las condiciones de asepsia y de empleo de la cadena de frío durante el almacenaje intermedio. La falta de cuidados hace que la carga bacteriana se multiplique logarítmicamente con respecto al tiempo, desarrollando fermentaciones que disminuyen el pH por formación principalmente de ácido láctico, lo que influye sobre la estabilidad térmica de la leche ante los posteriores tratamientos para higienizarla; a estas leches se les califica de "baja calidad", ya que, aparte del bajo nivel de inocuidad, sufren un deterioro de sus nutrientes y una disminución de su calidad tecnológica para afrontar los procesos térmicos, lo que es posible evaluar mediante la "prueba del alcohol": cuando mezclamos una muestra de leche con un volumen igual de una solución de alcohol etílico, las proteínas se desestabilizan y la leche tiende a flocular en razón directa a su falta de estabilidad térmica.

Cuadro 1.- Evolución en el contenido en microorganismos de la leche cruda durante 72 horas de almacenamiento en función de la contaminación inicial, a la temperatura de almacenamiento

Condiciones de Producción	Temperatura de almacenaje °C	Recuento estándar por mililitro después de:			
		Recién ordeñada	24 h	48 h	72 h
Vacas y equipos de ordeño limpios	4,4	4,295	4,132	4,566	8,427
	10	4,295	13,961	127,727	5,725,277
	15,5	4,295	1,587,333	33,011,111	326,500,000
Vacas y equipos de ordeño poco limpios	4,4	136,533	281,646	538,775	749,030
	10	136,533	1,170,546	13,662,115	25,687,541
	15,5	136,533	24,673,571	639,884,615	2,407,033,333

Cuadro 2.- Evolución en el contenido en microorganismos de la leche cruda durante 48 horas de almacenamiento a 4° C en función de la contaminación inicial y la velocidad de enfriamiento

	Contaminación inicial: 25,000 germ/ml		Contaminación inicial: 75,000 germ/ml		Contaminación inicial: 150,000 germ/ml	
	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
Enfriamiento instantáneo	22,000	23,000	79,500	87,750	132,500	188,250
Enfriamiento en 3 horas	23,000	25,000	87,000	101,250	212,500	496,250
Enfriamiento en 5 horas	25,250	30,200	115,500	237,750	273,400	613,800

¡A menores temperaturas, los alimentos almacenados se conservan mejor y sufren menos deterioro!; sin embargo en la leche, cuando se emplean temperaturas de refrigeración inferiores a los 4 °C para su conservación, se desarrollan olores y sabores indeseables por acción de algunos microorganismos psicrófilos que además pueden generar enzimas resistentes al calor, que no se desactivan con los tratamientos térmicos, y si se bajase aun más la temperatura, a niveles de congelación, se daña irreversiblemente la estructura coloidal de la leche (debido a la disminución del agua libre, que concentra ácidos y sales, originando la precipitación de las proteínas al llegar a su punto isoeléctrico), por lo que ésta temperatura de 4° C, constituye el límite inferior para el empleo correcto del frío en la leche.

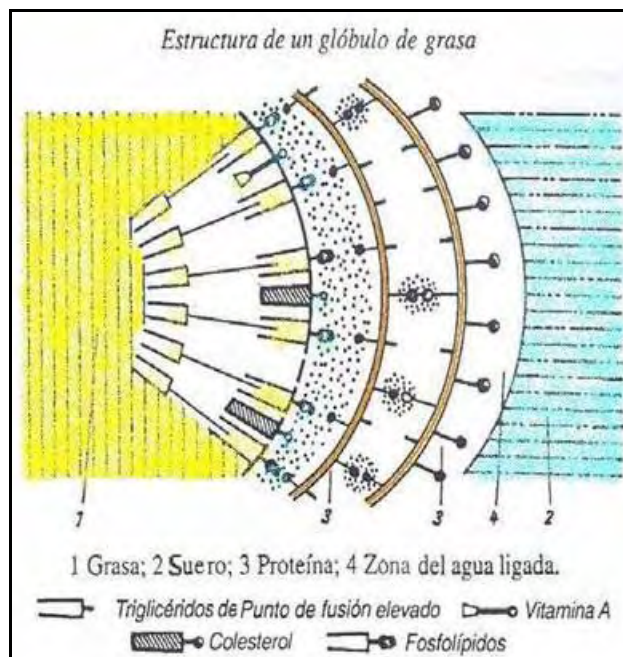
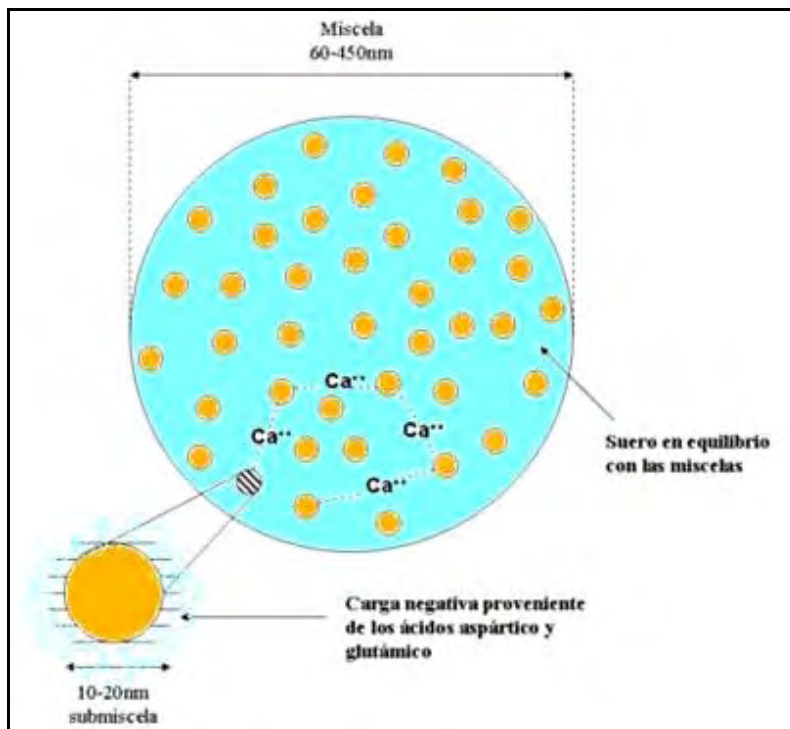
Para la conservación de los alimentos es común el empleo de tratamientos térmicos con el objeto de minimizar o eliminar los agentes causantes del deterioro, a fin de extender la vida útil del producto y así añadirle valor agregado (5) y/o para convertirlo en bien transable (caso típico de la leche): lo más acertado es enfriar el producto para disminuir su cinética; si el proceso de deterioro es regido por un agente enzimático, recurrimos a la inactivación de la enzima (que tiene un núcleo proteico termolábil), para bloquear la reacción química catalizada por la enzima; del mismo modo, cuando tenemos un deterioro causado por microorganismos, empleamos el calor para dete-

ner su capacidad reproductiva y evitar que se incrementen en número, o en su letalidad, para eliminar toda acción de degradación fisiológica de estas células sobre el alimento.

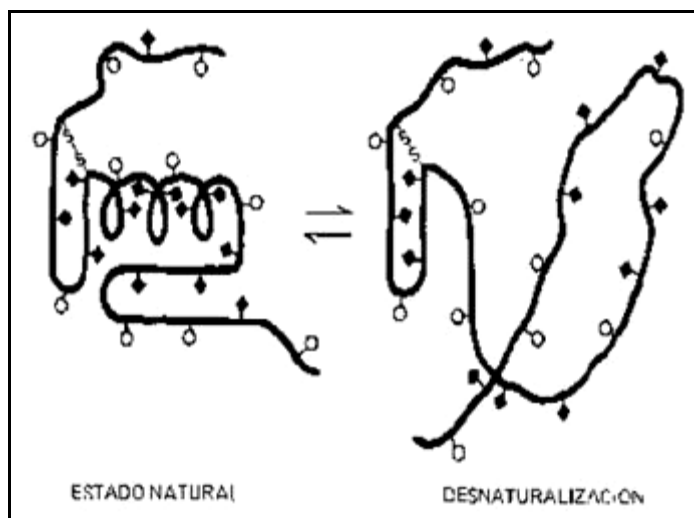
Los tratamientos térmicos a que sometemos la leche después del ordeño, a fin de higienizarla y conservarla (para conseguir inactivación de enzimas y muerte térmica de los microorganismos), originan también un daño tecnológico de diferentes magnitudes sobre el valor biológico (proteínas y vitaminas) y sobre las características organolépticas del producto final (color, olor y sabor). Este daño es función acumulativa del tiempo y de la temperatura a que se le somete históricamente durante el proceso y origina un descenso de la calidad original de la leche: a mayores cuidados en producirla, son menores los requerimientos de rudeza del tratamiento necesarios para protegerla del deterioro, preservando mayor calidad primigenia.

Las micelas de caseína y los glóbulos de grasa (obsérvese su complejidad en los esquemas), también sufre modificaciones en su frágil integridad, ya que su estabilidad es determinada por las fuerzas físicas de interacción moleculares que son afectadas por el calor.

Incluso los tratamientos térmicos suaves inducen el inicio de las reacciones de Maillard, formando lactulosa-lisina y otros compuestos que reducen la cantidad de lisina disponibles. Debido a que las proteínas de la leche contienen abundante lisina, las pequeñas pérdidas no son nutritivamente significativas, excepto en aquellos casos en los que los productos lácteos se utilicen para balancear "dietas" deficientes en lisina.



Los efectos térmicos sobre las proteínas pueden dividirse en dos categorías: a) los que alteran su estructura secundaria, terciaria y cuaternaria y b) los que alteran su estructura primaria. Los primeros efectos, que despliegan las proteínas, pueden realmente mejorar el valor biológico de una proteína porque los enlaces peptídicos son más accesibles a las enzimas digestivas. Sin embargo, la alteración de la estructura primaria puede reducir la digestibilidad y producir residuos no biodisponibles. Los tratamientos térmicos de la leche pueden causar la eliminación de los residuos cistinilo y fosfoserilo formando deshidroalanina. Esta sustancia reacciona rápidamente con los residuos lisilo para formar enlaces cruzados de lisoalanina en la cadena proteica. La lisoalanina no está biológicamente disponible y los enlaces cruzados reducen la biodigestibilidad de la proteína. Además, dichos cambios son particularmente significativos puesto que el valor nutritivo de las proteínas de la leche está limitado por su bajo contenido de aminoácidos sulfurados. Afortunadamente, la pasteurización o procesado UHT no da origen a la formación significativa de residuos lisinoalanilo; no obstante, se producen en la esterilización de las latas y en la ebullición.



Las interacciones proteína-proteína inducidas por el calor, sobre la estructura cuaternaria, pueden ser amplias y complejas. Las proteínas séricas termolábiles interaccionan entre sí, al igual que las micelas de proteína. Se cree que el mecanismo de interacción consiste en un intercambio de bisulfuros, que se inicia a través del grupo sulfhídrico libre de lacto globulina. Recuérdese que la k-caseína contiene una estructura bisulfuro, que sin duda alguna, constituye el grupo reactivo específico del sistema caseínico. Si no hay caseína micelar, las proteínas del suero desnaturalizadas por el calor se agrupan y precipitan ya que las unidades hidrófobas proteicas aseguran la estabilidad.

El tiempo necesario para la destrucción de organismos indeseables es inversamente proporcional a la temperatura. Cuando los microorganismos y/o esporas se someten a un tratamiento térmico no todos los microorganismos son destruidos de una vez. El efecto letal del tratamiento térmico sobre los microorganismos puede expresarse matemáticamente como una función logarítmica:

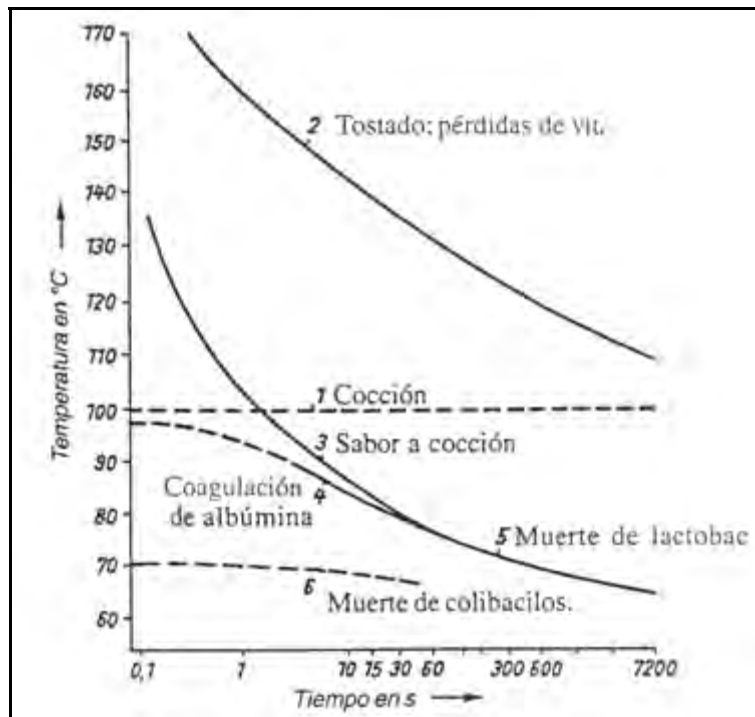
$$K + t = \log (N/N_t)$$

de donde:

- ◆ N = Número de microorganismos (esporas) originalmente presentes.
- ◆ N_t = Número de microorganismos presentes después de un determinado tiempo de tratamiento
- ◆ K = Constante
- ◆ t = Tiempo de tratamiento

Como la anterior expresión es una función logarítmica, el número de microorganismos remanentes nunca puede ser cero, por lo que la esterilidad absoluta, definida como la ausencia de esporas bacterianas vivas en un volumen limitado de producto, es imposible de alcanzar.

El proceso de pasteurización continuo en la práctica consiste en calentar la leche a 70-75 °C durante 15 segundos, inactivando o eliminando así los microorganismos potencialmente peligrosos de la leche y las enzimas (no las esporas), aunque preservando la mayoría de sus propiedades nutricionales y organolépticas. Constituye el mínimo tratamiento calórico para la destrucción de patógenos (basado en la destrucción del *M. tuberculosis*). Este tratamiento inactiva adicionalmente muchas de las enzimas (lipasas lipolíticas).



Existen dos principales métodos de pasteurización, el de baja temperatura por largo tiempo (el método antiguo de “pasteurización lenta”, 62° C y 30 minutos de retención) y el de alta temperatura por corto tiempo (HTST; 72° C por 15 segundos). La leche pasteurizada no es estéril y poseen un periodo de vida inferior a la semana, limitada a temperaturas de refrigeración. Los procesos más severos que la pasteurización, producen considerables cambios de los caracteres químicos y físicos de la leche.

Las temperaturas de pasteurización altas, por corto tiempo (leche ultra pasteurizada) junto a técnicas de envasado aséptico consiguen un producto libre de sabor a “cosido” y de mayor periodo de vida útil. El proceso Ultra High Temperature (UHT), o leche larga vida, asegura la inactivación casi total de todos los microbios y enzimas, ya que la leche se calienta a 130 – 150 °C durante 2 a 4 segundos seguido de un enfriamiento rápido hasta llegar a temperatura ambiente. La leche UHT o también denominada leche ultrapasteurizada es el producto de una tecnología de punta que permite eliminar la mayor parte de la flora bacteriana presente en la leche sin alterar el contenido nutricional de la leche. Los efectos de la ultrapasteurización sobre la calidad nutricional son mínimos, no se presentan cambios en el contenido graso, la lactosa o las sales, solo se presentan cambios marginales en el valor nutricional en proteínas y vitaminas. La proteína más abundante en la leche, la caseína, no es afectada mayormente por el tratamiento térmico; la desnaturalización ocurrida por causa del tratamiento térmico es mucho menor que la causada por el mal manejo de la leche cruda que da paso a la acidificación de la leche por la falta de frío y por el contrario, el tratamiento de ultrapasteurización facilita la digestibilidad de algunas proteínas. Incluso los tratamientos térmicos suaves inducen el inicio de las reacciones de Maillard, formando lactulosa-lisina y otros compuestos que reducen la cantidad de lisina disponibles.

Se presentan pérdidas marginales en la lisina disponible durante la pasteurización (1-2%) o esterilización UHT (2-4%) no significativas. Las vitaminas liposolubles de la leche: A (también caroteno), D y E y las vitaminas hidrosolubles riboflavina, ácido pantoténico, biotina y ácido nicotínico son bastante estables, por lo que no muestran pérdidas detectables durante la pasteurización o el tratamiento UHT. Sin embargo la tiamina, vitamina B6 y B12, el ácido fólico y el ascorbato (vitamina C) son especialmente susceptibles al calor y/o se degradan oxidativamente. De ellas la tiamina es la menos termoestable y presenta pérdidas no mayores al 3% en el tratamiento de ultra pasteurización. Las vitaminas C, B12 y ácido fólico son susceptibles a la oxidación durante el procesamiento o almacenaje. El deshidroascorbato, con actividad de vitamina C y que resulta de la primera oxidación de la vitamina C, es muy susceptible al calor mientras que el ascorbato es termoestable. Por lo anterior a estas vitaminas se les protege eliminando el oxígeno durante el procesamiento y dentro de su embalaje. El almacenamiento de la leche UHT durante largos periodos de tiempo a temperaturas superiores a 35 °C también pueden reducir significativamente la disponibilidad de la lisina. La protección de la acción de la luz es también importante para evitar el desarrollo de aromas desagradables y la pérdida de riboflavina.

La leche de vaca contiene valiosas vitaminas, especialmente las del grupo B (por ejemplo riboflavina, vit. B6, vit. B12) y vitamina A. Aunque tanto la pasteurización como el tratamiento UHT causan pérdidas muy pequeñas de estas vitaminas (menos del 20% en promedio), esto va en detrimento del equilibrio en una dieta sana. Por ello las pérdidas de vitaminas durante el procesamiento de los alimentos se compensan a veces con la posterior reincorporación de éstas (6).

Durante el desarrollo del proceso de pasteurización y UHT, tienen lugar algunos pequeños cambios físicos y químicos en las grasas de la leche y se desnaturalizan algunas proteínas, aunque esta desnaturalización no afecta sustancialmente los valores nutricionales de la leche. El sabor de la leche pasteurizada es más similar al de la leche fresca (cruda) que el de la leche UHT. Esto se debe a que durante el proceso UHT se produce la caramelización parcial los azúcares de la leche. Algo que no hay que olvidar es que las propiedades nutricionales de la leche están íntimamente ligadas al contenido en grasa de la leche. Conteniendo la leche entera cantidades considerables de vitamina A, B, D y calcio, la leche descremada o semi descremada posee las mismas cantidades de proteínas, calcio, magnesio, fósforo, potasio y zinc y vitamina B que la leche entera, pero las vitaminas A y D (liposolubles) se reducen a menos de la mitad o incluso desaparecen. Además estos micro nutrientes se encuentran en la leche en forma micelar, lo que les confiere una gran biodisponibilidad y digestibilidad (los lacto coloides son muy susceptibles a la inestabilidad ante los agentes físicos y químicos de los procesos).

Debido a que los sistemas biológicos son más sensibles a la temperatura que los sistemas químicos como los involucrados en la destrucción de nutrientes, la tecnología de los alimentos moderna emplea este principio para eliminar los microorganismos y enzimas perjudiciales minimizando el daño de las características nutritivas y organolépticas, por esto los procesos actuales privilegian las altas temperaturas por cortísimo tiempo. Es así que el método HTST es preferido organoléptica y nutricionalmente, a la "pasteurización lenta" y a la esterilización en lata (apertización), habiéndose dejado de emplear actualmente los procesos que implican grandes tiempos de exposición térmica innecesarios (7).

Existen tres tipos de leches en polvo comerciales que se diferencian en la intensidad del tratamiento térmico aplicado. Los más usuales son: 74° C durante 30 segundos (bajo, PMLT), 85-105° C (medio, PMMT) y 120-135° C (alto, PMHT) durante 1 a 2 minutos. Estos tratamientos ocasionan distintos grados de desnaturalización proteica y su utilización depende del destino que se le da al producto final. La leche en polvo de bajo tratamiento térmico se utiliza principalmente para elaborar leche reconstituida, quesos y bebidas lácteas, la de tratamiento medio para helados y bebidas lácteas, y las de tratamiento alto para leche evaporada recombinada, pastelería, chocolatería, panadería y productos cárnicos picados (obsérvese que para la manufactura de leche evaporada los requerimientos de calidad son mas permisivos).

Cuando se efectúa la reconstitución o recombinación de la leche en polvo para elaborar leche pasteurizada, UHT o leche evaporada, se esta sometiendo a un doble tratamiento térmico, el primero al deshidratar la leche en polvo y el segundo durante la elaboración del tipo de producto lácteo que se pretenda fabricar con la reconstitución o recombinación, con la consiguiente disminución de su calidad primigenia, hecho que debe de ser de conocimiento del consumidor.

Durante la concentración por evaporación, en la elaboración de la leche evaporada, la leche se somete a temperaturas de alrededor 70° C en una atmósfera enrarecida, con la finalidad de retirarle agua y llevar el producto final a la mitad ($Q=2$) o a un tercio del volumen original ($Q=3$) (8). Previo al tratamiento de esterilización de la leche evaporada enlatada, la leche evaporada se somete a la temperatura de 80 grados con la finalidad de destruir las enzimas y microorganismos patógenos y sobre todo desnaturalizar ligeramente las proteínas para evitar su precipitación posterior dentro de los envases. Durante la concentración se originan importantes cambios de las propiedades de la leche: a) la actividad de agua disminuye, b) la hidroscoπισidad aumenta, c) el equilibrio salino cambia, d) la conformación de las proteínas debido a la fuerza iónica cambia, e) varias propiedades fisicoquímicas cambian (se incrementan la presión osmótica, el punto crioscópico, el punto de ebullición, la conductividad eléctrica, la densidad y el índice de refracción; y disminuye la conductividad térmica), f) se ven afectadas las propiedades reológicas, y g) el coeficiente de difusión también disminuye.

La evaporación de la leche a altas temperaturas o la esterilización en latas, pueden causar perdidas hasta del 20% en la reducción de la cantidad de lisina disponible. La esterilización de la leche en latas consigue la destrucción casi completa de bacterias y esporas (9). Durante el tratamiento térmico de las latas, se las mantiene en movimiento para que las proteínas precipitadas se sometan a una suspensión coloidal. De esta forma, el calor se distribuye de forma más rápida y uniforme a través de las latas, evitándose sobre exposición térmica. Cualquier precipitación proteínica durante este tratamiento térmico se distribuye uniforme por toda la leche. Después de un cierto periodo de calentamiento, la leche alcanza la temperatura de esterilización (110-120°C). Esta temperatura se mantiene durante 15-20 minutos, procediéndose después al enfriamiento dentro de las autoclaves mediante agua y posteriormente por aire por convección natural o forzada hasta la temperatura de almacenamiento. El tratamiento térmico es intenso pues como se ha descrito el producto es sometido a altas temperaturas por un prolongado periodo que puede exceder en total a la hora, entre el calentamiento y enfriamiento. Ello da lugar a un cierto grado de desnaturalización de las proteínas y a una ligera coloración marrón debido a la reacción de Maillard que tienen lugar entre las proteínas (grupos amino) y la lactosa (con alta dextrosa equivalente), que indudablemente repercute en las características nutricionales y organolépticas con descenso de la biodisponibilidad de las proteínas y vitaminas.

En la leche evaporada, en donde por concentración imperan altos niveles de proteínas y sales, el complejo caseína-proteína séricas, forman una estructura semejante a un gel, durante el proceso de esterilización comercial en

los envases de hojalata, el gel, inducido por la actividad relativamente elevada de los iones calcio, se dispersa por agitación y contribuye a las deseadas características de viscosidad del producto. Si esta es excesiva, la aglomeración puede manifestarse en partículas insolubles en la leche evaporada. En estas circunstancias es necesario acortar el tiempo de esterilización o utilizar métodos para reducir la actividad de los iones calcio. Esto último se consigue mediante un aumento del tratamiento calorífico dado a la leche antes de la concentración y/o por adición de una sal fosfato “estabilizante”.

Para el caso de los alimentos y especialmente la leche, el tratamiento para eliminar el contenido microbiano se denomina esterilidad comercial, donde el producto estéril se define como aquel que está libre de microorganismos que crecerían en condiciones dominantes. A continuación se muestra un gráfico tiempo-temperatura para los procesos de Esterilización Comercial, Pasteurización Lenta, UHT y Leches en Polvo, mostrando los límites de desactivación de la bioactividad y destrucción térmica; nótese que el área de proceso de pasteurización de la leche a 70-75 °C durante 15 segundos (HTST), está bien lejos de las regiones en que existen pérdidas notables de calidad, razón por la que en el mundo esta tecnología es la preferida.

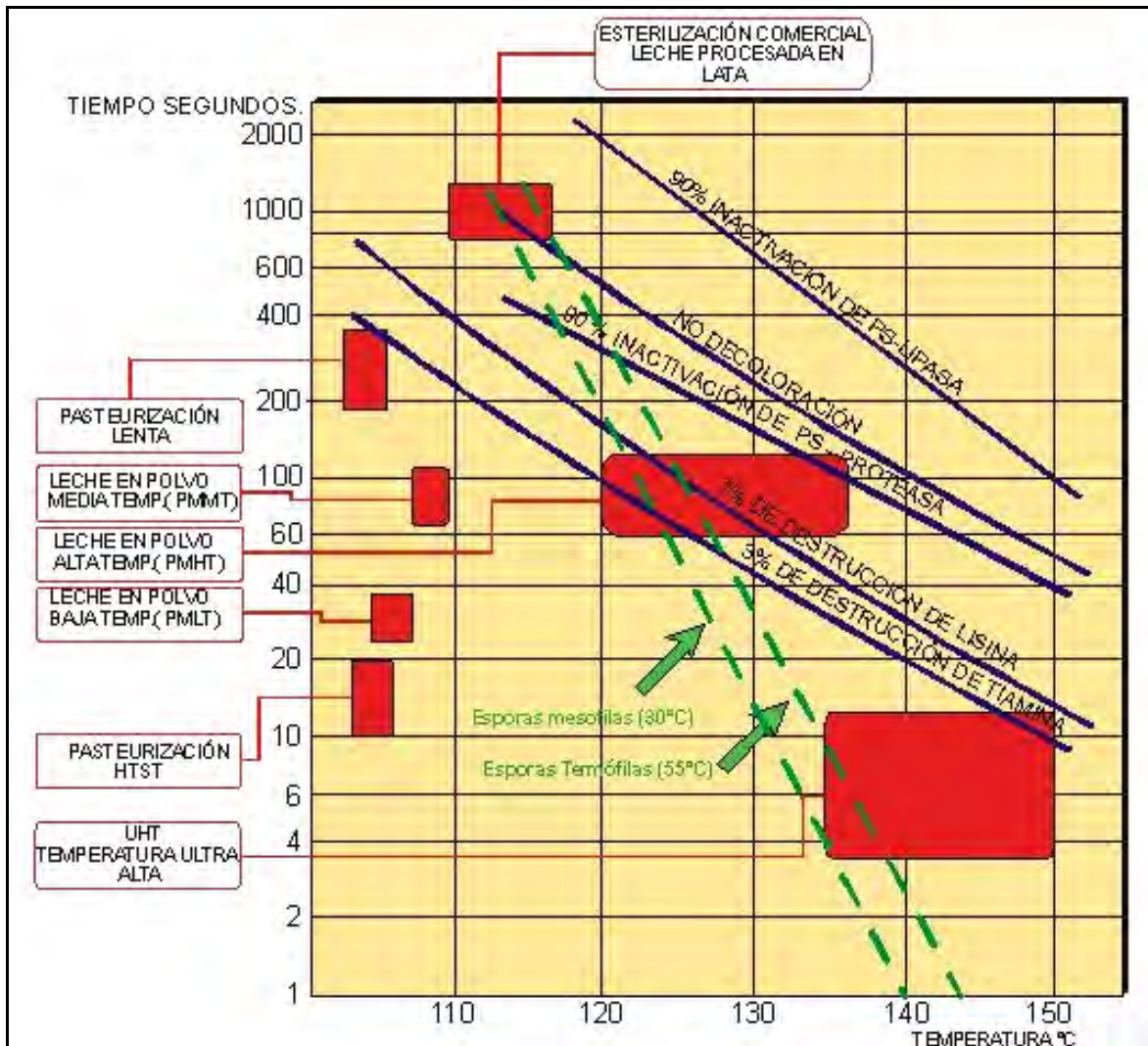


Gráfico Kessler, tiempo-temperatura para los procesos de Pasteurización (HTST), Larga vida (UHT), Pasteurización lenta, Esterilización comercial (leche procesada en lata) y Leches deshidratadas (leches en polvo); mostrando las líneas límite para la destrucción de esporas, enzimas, aminoácido lisina, vitamina B y nutrientes termolábiles.

Durante los tratamientos térmicos severos como la apertización de la leche en latas y en la deshidratación de la leche en polvo se originan grandes pérdidas de muchas vitaminas. Esto es particularmente importante en el caso de la vitamina B12 debido a que la leche es una importante fuente de esta vitamina.

Los cuadros siguientes ilustran las pérdidas en las vitaminas y aminoácidos de la leche pasteurizada, UHT y evaporada:

Cuadro 3.- Efecto del proceso sobre las vitaminas de la leche. Pérdida en porcentaje debido al proceso

LECHE	Tiamina	Vit. B ₆	Vit. B ₁₂	Ac. Fólico	Vit. C
Pasteurizada	< 10	< 10	< 10	< 10	< 25
UHT	< 10	< 10	< 10	< 10	< 25
Evaporada	20	40	80	25	60

Fuente: Food Processing and Nutrition, Academia Press, 1978.

Los valores según otra fuente, se aprecian a continuación las pérdidas en las vitaminas y aminoácidos de la leche pasteurizada, UHT, en polvo y evaporada:

Cuadro 4.- Efecto del proceso sobre las vitaminas de la leche. Pérdida en porcentaje debido al proceso

Micro nutriente	Pasteurizada ^a	UHT ^b	en Polvo ^c	Evaporada ^d
Vit. A	0	0	0	0
Tiamina	10	10	10	40
Riboflavina	0	0	0	0
Ac. nicotínico	0	0	0	5
Vit. B ₆	0	10	0	40
Vit. B ₁₂	10	10	30	80
Vit. C	10-25	25	15	60
Ac. Fólico	10	10	10	25
Ac. pantoténico	0	0	0	0
Biotina	0	0	10	10

a) Pasteurización, tratamiento térmico a 71-73 °C durante 15 segundos.

b) Esterilización Ultra Hig Temperatura UHT, tratamiento térmico a 130-150 °C durante 1-4 segundos.

c) Deshidratación por atomización, tratamiento térmico a 80-9' °C por 10-15 segundos, homogenizada y evaporada a baja presión. Pulverizada en una niebla de leche concentrada con aire a 90 °C durante 4-6 segundos.

d) Evaporada enlatada, tratada térmicamente a 95 °C por 10 minutos, concentrada por evaporación a 50 °C bajo vacío y esterilizada dentro de latas en autoclave por 15 minutos.

Fuente: Rolls, B. A. (1982). Effect of processing on nutritive value of food: Milk and milk products, in Handbook of Nutritive Value of Processed Food, vol. I (M. Rechcigl, ed.), CRC Press, Boca Ratón, Fl, pp. 383-399.

Las vitaminas A y D no son afectadas por estos tratamientos; el calcio y fósforo solubles sufren ligeros decrementos. Las pérdidas del aminoácido, en el cuadro a seguir, verificados en bio ensayos, indican que la proteína ha sido dañada suficientemente para disminuir la lisina disponible, por debajo de los niveles de la metionina y cistina, que son los aminoácidos limitantes:

Cuadro 5.- Contenido de lisina total y disponible, en la leche y productos lácteos (g/16 g de nitrógeno)

LECHE	Total	Disponible
Fresca	8.3	8
Polvo	8	7.9
Evaporada	7.6	6.7

FUENTE: Food Processing and Nutrition, Academia Press, 1978.

Al ser una expresión de la Reacción de Maillard, reacción de empardeamiento no enzimático entre los azúcares reductores de la leche y los grupos aminos de las proteínas, la medida de concentración de Hidroxi Metil Furfural (HMF), ha sido propuesta acertadamente como un buen indicador de la intensidad del tratamiento térmico en las leches, que origina cambios en el color, sabor, valor nutritivo, vida útil, propiedades antioxidantes, mutagénicas, anti mutagénicas y funcionales.

Resumiendo, podemos afirmar en forma cualitativa que la leche cruda inocua ha sufrido menos deterioro en su calidad original que la leche pasteurizada, ésta menos que la leche UHT (larga vida), la que tiene menos deterioro que la leche en polvo, y por ultimo tenemos la leche evaporada que ha sufrido más que las anteriores; y más daño aun sufre la leche evaporada producida en base a la reconstitución o la recombinación de leche en polvo, porque ha pasado por dos procesos térmicos: en la evaporación y secado de la leche en la producción de la leche en polvo y durante la esterilización de la leche evaporada en el interior de la lata (apertización).

A fin de eludir los tratamientos térmicos innecesarios, debemos tener en cuenta estas consideraciones, a la hora de elegir la calidad de la leche a consumir (10).

REFERENCIAS

- 1) Principio de la degradación de la calidad de los alimentos.- “La calidad del alimento acabado no puede ser mayor que la calidad de la materia prima que le dio origen”, esto se debe a que las fuerzas de deterioro de la naturaleza tienden a degradar los alimentos, entendiéndose como deterioro los procesos físicos, químicos, enzimáticos y microbianos que persiguen degradar la materia orgánica. Por lo tanto, un alimento como la leche que se obtiene con una baja calidad en el ordeño por ausencia de sanidad e higiene, no puede mejorar su atributo de calidad y recuperar su inocuidad original; por ejemplo, el hecho de pasteurizar o esterilizar una leche obtenida sin inocuidad no le confiere mayor calidad. Mediante la refrigeración, o cualquier tecnología de conservación, solo podremos aspirar a detener el proceso de deterioro o minimizar su cinética, hasta la llegada a la planta procesadora en donde la calidad de la leche se estabilizará mediante procesos de higienización como la pasteurización, la ultra pasterización y la esterilización comercial. Al deteriorarse un alimento se pierde calidad.
- 2) El deterioro obedece a la Segunda Ley de la termodinámica: lleva a la materia a su posición más probable y estable. El concepto de entropía fue introducido por primera vez por el ingeniero francés R. J. Clausius. En 1850 se propuso, en base al segundo principio de termodinámica encontrar una magnitud que pudiera medir cuantitativamente la tendencia de los sistemas a realizar un determinado cambio y en qué sentido se verifica. Así introdujo una magnitud llamada entropía, del griego *εντροπία* que significa evolución, como una medida de la capacidad para que se realizase el cambio. Es una medición de la cantidad de restricciones que existen para que un proceso se lleve a cabo y nos determina también la dirección de dicho proceso. La evolución espontánea de un sistema aislado se traduce siempre en un aumento de su entropía. Por tanto la segunda Ley de la termodinámica dice que los sistemas aislados tienden al desorden (situación más probable). Con numerosos enunciados, quizás el más conocido es el que dice que la entropía de un sistema aislado aumenta con el tiempo.
- 3) Actividad de Agua (w_a), función física que relaciona la presión del vapor de agua dentro del alimento con respecto a la presión de vapor de agua en el medio ambiente. A más agua libre, mayor es la cinética de las fuerzas del deterioro. La noción de actividad de agua en la conservación de alimentos fue difundida por Labuza (trascendente Director del Food and Drug Administration en los años 80): “Todo deterioro es función directa de la temperatura y del nivel de actividad de agua”. Los solutos como la sal y el azúcar, entre otros contribuyen a disminuir la actividad de agua; la refrigeración y el congelado disminuye la actividad de agua; el secado también contribuye a disminuir el porcentaje de agua libre y a incrementar el porcentaje de agua ligada, favoreciendo la conservación.
- 4) Que relaciona la constante de velocidad con la temperatura, para una determinada reacción química:
 $k = A e^{-E_a/RT}$, donde A es una constante que tiene las mismas unidades que la constante de velocidad; E_a es la energía de activación (unidades de energía), R es la constante universal de los gases que se expresa en unidades compatibles con las de la energía de activación y T: temperatura absoluta °K. En forma logarítmica, la ecuación puede expresarse: $\ln k = \ln A - E_a/RT$.
- 5) El valor económico de un bien está relacionado a la capacidad de satisfacer las necesidades humanas y al hecho que cuesta esfuerzo el obtenerlo, los bienes son pues necesarios y escasos (demanda y oferta). Durante la producción, se adiciona valor a los bienes primarios los cuales se hacen más accesibles mediante la creatividad y la productividad humana.
 Aparentemente mediante el empleo de la tecnología e industrialización podríamos remontar aguas arriba a la calidad de los alimentos, pero ésta aseveración es engañosa, porque estaría en contraposición con la 2da Ley de la termodinámica, que es una ley cosmológica por lo tanto de validez universal; lo que sucede es que mediante la tecnología se incrementa el “valor agregado” de los bienes (valor económico), que es el grado de “utilidad”, la capacidad para satisfacer necesidades en mayor grado o saciar varias necesidades adicionadas a la principal, lo que no es lo mismo que incrementar la calidad del alimento.
 Pongamos el ejemplo del jugo concentrado de manzanas, al retirarle parte del agua, el sabor se hace mas intenso al paladar, pero no es que tenga mas calidad como alimento, de hecho se ha perdido parte de las características primigenias por efecto del proceso. Lo que si se obtienen es mayor valor, mayor “utilidad”, puesto que satisface en mayor grado la cualidad perseguida (sabor a manzanas) y por ende adquiere mayor valor económico. Veamos que pasa con el Yogurt: un Yogurt, cuyo atributo esencial es servir como alimento, es mas “útil” porque tiene mayor valor agrado que la leche y sirve además para saciar otras necesidades deseadas (es mas agradable, no tiene lactosa, es light, menos calorías, viene con un muñequito del hombre araña, sirve para cuidar la silueta o tiene probióticos que nos protegen contra la diarrea o del cáncer al colon).
- 6) Aprovechando este hecho algunos Estados regulan la fortificación de la leche con otras vitaminas y minerales adicionales y así corrigen las deficiencias en micro nutrientes de sus poblaciones.
- 7) Ante dos tecnologías alternativas la ciencia de alimentos recomienda que se escoja la que causa menor daño en la calidad del alimento.

- 8) El grado de concentración puede definirse como el factor de concentración Q , esto es la proporción de materia seca contenida en el producto concentrado dividido por la materia seca en el producto original. Por consecuencia, la masa del producto concentrado es $1/Q$ la masa antes de su concentración.
- 9) La esterilización comercial, denominada Apertización, es un proceso de esterilización térmica inventado por Nicolás Apert en 1810, cuya finalidad es destruir los microorganismos causantes del deterioro y con ello los problemas sanitarios; para conservar alimentos se empleaban envases de vidrio y posteriormente envases de hojalata (fierro estañado, llamada hoja de Flandes). En el Perú está muy difundida esta tecnología y es de consumo común el uso del “tarro de leche evaporada” por la población.
- 10) Queda pendiente por determinar cuantitativamente las distancias relativas a que se encuentran las calidades nutricionales de las diferentes leches con respecto a la leche pasteurizada, que es la que ostenta la mejor calidad, lo que serviría para valorizar cada una de las leches a la hora de competir una con otra en las licitaciones de los programas sociales.

BIBLIOGRAFIA

- Tetra Pak. Manual de Industrias Lácteas. Buenos Aires, Argentina. 2009.
- Ruth M. Griswold. Estudio Experimental dos Alimentos. Ed. Edgard Blucher Ltda. Sao Paulo, Brasil. 1972.
- Arnold E. Bender. Food Processing and Nutrition. Academic Press Ltd. London, 1978.
- Artur W. Farrall. Food Engineering Systems. The AVI Publishing Company, Inc. Connecticut, USA. 1976.
- Owen R. Fennema. Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Ed. Reverté S.A. España. 1982.
- Horst Dieter Tscheuschener. Fundamentos de la Tecnología de los Alimentos. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España. 2001.
- A. Madrid. Manual de Industrias Alimentarias. A.M.V. Ediciones. Madrid, España. 1986.
- Owen R. Fennema. Química de los Alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España, 200.
- M.J. Vargas N. Utilización de la Leche Concentrada Descremada Reconstruida para la Elaboración de Leche UHT: Efectos Físico Químicos y de Estabilidad. Unv. Austral de Chile. Valdivia, Chile. 2006.
- Revista de Pediatría. Leche Ultrapasteurizada en Empaques de Cartón Laminados con Foil de Aluminio. Sociedad Colombiana de Pediatría, Vol. 34, N° 4. Nov. 2009.

Volver a: [Leche y derivados](#)