

La pasteurización, a veces denominada pasterización, es el proceso térmico realizado a líquidos (generalmente alimentos) con el objeto de reducir los agentes patógenos que puedan contener, tales como bacterias, protozoos, mohos y levaduras, etc. El proceso de calentamiento recibe el nombre de su descubridor, el científico-químico francés Louis Pasteur (1822-1895). La primera pasteurización fue realizada el 20 de abril de 1882 por el mismo Pasteur y su colega Claude Bernard.

Uno de los objetivos del tratamiento térmico es la *esterilización parcial* de los alimentos líquidos, alterando lo menos posible la estructura física, los componentes químicos y las propiedades organolépticas de estos. Tras la operación de pasteurización, los productos tratados se enfrían rápidamente y se sellan herméticamente con fines de seguridad alimentaria; por esta razón, es básico en la pasteurización el conocimiento del mecanismo de la transferencia de calor en los alimentos. A diferencia de la esterilización, la pasteurización no destruye las esporas de los microorganismos, ni elimina todas las células de microorganismos termofílicos.

El avance científico de Pasteur mejoró la calidad de vida al permitir que ciertos productos alimenticios básicos, como la leche, se pudieran transportar largas distancias sin que la descomposición los afectara. En la pasteurización, el objetivo primordial no es la “eliminación completa de los agentes patógenos” sino la disminución sensible de sus poblaciones, alcanzando niveles que no causen intoxicaciones alimentarias a los humanos (suponiendo que el producto pasteurizado se haya refrigerado correctamente y que se consuma antes de la fecha de caducidad indicada).

En la actualidad, la pasteurización es objeto de cada vez más polémicas en ciertas agrupaciones de consumidores a lo ancho del mundo, debido a las dudas existentes sobre la destrucción de vitaminas y alteración de las propiedades organolépticas (sabor y calidad) de los productos alimenticios tratados.

1. HISTORIA.

Los intentos de esterilizar la comida en contenedores sellados se atribuyó históricamente al inventor francés Nicholas Appert en sus trabajos de investigación realizados en el siglo XVIII. No obstante algunas investigaciones demuestran que con anterioridad ya se había intentado esterilizar recipientes sellados de alimentos. Hacia fines de siglo XIX, los químicos alemanes trasladaron este procedimiento a la leche cruda, y ya por entonces (antes de Pasteur) empezaron a “sospechar” que los

tratamientos térmicos resultaban eficaces para destruir las bacterias presentes en ella. De este modo, dieron origen no sólo a un importante método de conservación, sino también a una medida higiénica fundamental para cuidar la salud de los consumidores y conservar la calidad de los alimentos. Estos trabajos sentaron las bases de lo que Pasteur posteriormente descubriría y explicara científicamente.

Algunos de los contemporáneos de Pasteur, incluido el eminente químico alemán Justus von Liebig, insistían en que la fermentación era un proceso puramente químico y que no requería en absoluto de la intervención de ningún organismo vivo (es decir, suponían que era un proceso puramente inorgánico). En el año 1864, a instancias del emperador Napoleón III, Pasteur investigó la causa por la que el vino y la cerveza se agriaban con el paso del tiempo, causando grandes pérdidas económicas a las empresas francesas debido a lo perecedero de estas mercancías.

Pasteur regresó al pueblo de su infancia, Arbois, con el objetivo de resolver el problema definitivamente; allí estudió el problema que afectaba a las viñas. Con ayuda de un microscopio, descubrió que, en realidad, intervenían dos tipos de organismos, dos variedades de levaduras de la familia *Acetobacter*, que eran la clave del proceso de fermentación. Uno producía alcohol y el otro, ácido láctico que agriaba el vino produciendo el vinagre. Con posterioridad, Charles North aplicó con éxito el mismo método de Pasteur a la leche en el año 1907.

Pasteur utilizó un nuevo método para eliminar los microorganismos que pudieran degradar al vino o la cerveza, después de almacenar el líquido en cubas bien selladas y elevando su temperatura hasta los 44 °C durante un breve periodo. Comprobó experimentalmente que las poblaciones de *Acetobacter* se reducían en extremo hasta quedar “casi esterilizado” el alimento. A pesar del horror inicial de la industria ante la idea de calentar el vino, un experimento controlado con lotes de vino calentado y sin calentar demostró de forma contundente la efectividad del procedimiento.

Pasteur dio el primer paso en el que sería este nuevo método denominado posteriormente “pasteurización” en su honor, y lo fue aplicando a otros alimentos líquidos como la leche. El proceso se aplica hoy en día como una norma higiénica en los procesos básicos de la industria alimenticia y actualmente garantiza la seguridad de muchos productos alimenticios del mundo.

La historia de la esterilización de los alimentos fue revisada por Harold Burton. Los esterilizadores fueron patentados y construidos para calentar leche a temperaturas que van desde los 130 °C hasta los 140 °C antes del siglo XIX, curiosamente antes de

que sus beneficios fueran entendidos. La leche esterilizada se desarrolló industrialmente en el año 1921, y el proceso de inyección de vapor fue desarrollado en 1927 por G. Grindrod en Estados Unidos. Sin embargo, las iniciativas más relevantes que dieron lugar a la comercialización del método UHT se empezaron a desarrollar a fines del decenio de 1940, debido a la técnica desarrollada en los esterilizadores de tubos concéntricos y de vapor de superización para los sistemas de producción de leche. Debe entenderse que los esfuerzos de aquella época fueron muy grandes en la industria para lograr empaquetar asépticamente la leche, hasta que finalmente se logró con éxito en el año 1961.

1.1. Louis Pasteur.

Nació el 27 de diciembre de 1822 en Dôle (región de Jura, Francia). Su padre había sido soldado de Napoleón, pero después de dejar el ejército puso una curtiduría, donde transcurrió la infancia del pequeño Louis. De joven, no fue un estudiante prometedor; de hecho, si demostraba alguna aptitud especial, era la pintura. Su primera ambición fue la de ser profesor de arte.

En 1842, tras ser maestro en la Escuela Real de Vejançon, obtuvo su título de bachillerato, con calificación “mediocre” en química. Tras licenciarse y asistir a las lecciones del gran químico francés Jean-Baptiste Dumas, comenzó a interesarse por la química. A pesar de esos principios desfavorables en la química, Pasteur se empeñó en que la química se convirtiera en el trabajo de su vida. En pocos años, el estudiante “mediocre” dirigió un programa de investigación que le dio fama internacional.

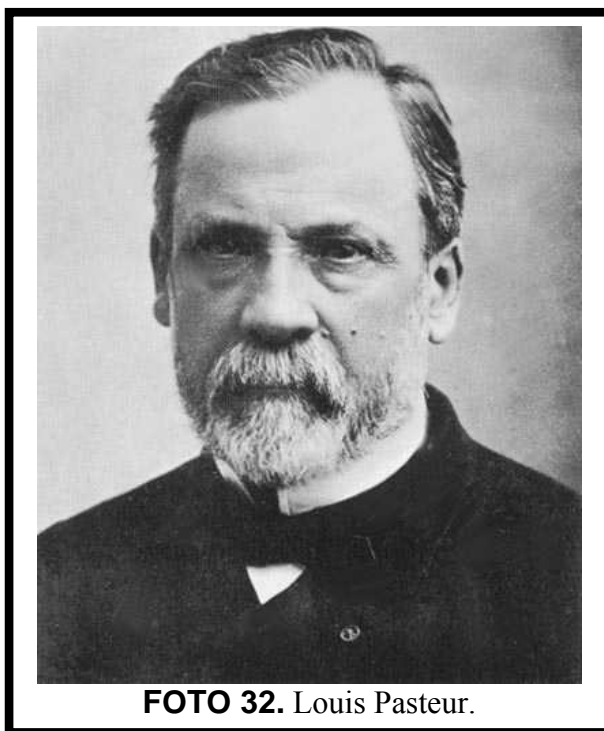


FOTO 32. Louis Pasteur.

Fue profesor de química y decano en Lille (1854 - Université Lille Nord de France). Allí se interesó por los problemas de la industria del vino, que perdía cantidades enormes de dinero como resultado del deterioro de sus existencias. Además, en 1857 desempeñó el cargo de director de estudios científicos de la Escuela Normal de París, cuyo laboratorio dirigió a partir de 1867.

2. PROCESOS DE PASTEURIZACIÓN.

La pasteurización es un proceso térmico realizado a los alimentos: los procesos térmicos se pueden realizar con la intención de disminuir las poblaciones patógenas de microorganismos o para desactivar las enzimas que modifican los sabores de ciertos alimentos. No obstante, en la pasteurización se emplean generalmente temperaturas por debajo del punto de ebullición (en cualquier tipo de alimento), ya que en la mayoría de los casos las temperaturas superiores a este valor afectan irreversiblemente ciertas características físicas y químicas del producto alimenticio; así, por ejemplo, si en la leche se sobrepasa el punto de ebullición, las micelas de la caseína se “coagulan” irreversiblemente (o dicho de otra forma, se “cuajan”). El proceso de calentamiento de la pasteurización, si se hace a bajas temperaturas, tiene además la función de detener los procesos enzimáticos. Hoy en día, la pasteurización realizada a los alimentos es un proceso industrial continuo aplicado a alimentos viscosos, con la intención de ahorrar energía y costes de producción.

Existen tres tipos de procesos bien diferenciados:

- a) Pasteurización VAT o lenta.
- b) Pasteurización a altas temperaturas durante un breve periodo de tiempo (HTST - High Temperature/Short Time).
- c) El proceso a ultra-altas temperaturas (UHT - Ultra-High Temperature).

2.1. Proceso VAT.

Fue el primer método de pasteurización, aunque la industria alimenticia lo ha ido renovando por otros sistemas más eficaces. El proceso consiste en calentar grandes volúmenes de leche en un recipiente estanco a 63 °C durante 30 minutos, para luego dejar enfriar lentamente. Debe pasar mucho tiempo para continuar con el proceso de envasado del producto, a veces más de 24 horas.

2.2. Proceso HTST.

Este método es el empleado en los líquidos a granel, como la leche, los zumos de fruta, la cerveza, etc. Por regla general, es el más conveniente, ya que expone al alimento a altas temperaturas durante un período breve y además se necesita poco equipamiento industrial para poder realizarlo, reduciendo de esta manera los costes de mantenimiento de equipos. Entre las desventajas del proceso está la necesidad de contar con personal altamente cualificado para la realización de este trabajo, que necesita controles estrictos durante todo el proceso de producción.

Existen dos métodos distintos bajo la categoría de pasteurización HTST: en “batch” (o lotes) y en “flujo continuo”. Para ambos métodos la temperatura es la misma (72°C durante 15 segundos).

- En el proceso “batch” “una gran cantidad de leche se calienta en un recipiente estanco (autoclave). Es un método empleado hoy en día, sobre todo por los pequeños productores debido a que es un proceso más sencillo.
- En el proceso de “flujo continuo”, el alimento se mantiene entre dos placas de metal, también denominadas intercambiador de calor de placas (PHE) o bien un intercambiador de calor de forma tubular. Este método es el más aplicado por la industria alimenticia a gran escala, ya que permite realizar la pasteurización de grandes cantidades de alimento en relativamente poco tiempo.

2.3. Proceso UHT.

El proceso UHT es de flujo continuo y mantiene la leche a una temperatura superior más alta que la empleada en el proceso HTST, y puede rondar los 138 °C durante un período de al menos dos segundos. Debido a este periodo de exposición, aunque breve, se produce una mínima degradación del alimento. La leche cuando se etiqueta como “pasteurizada” generalmente se ha tratado con el proceso HTST, mientras que para la leche etiquetada como “ultrapasteurizada” o simplemente “UHT”, se debe entender que ha sido tratada por el método UHT.



El reto tecnológico del siglo XXI es poder disminuir lo más posible el período de exposición a altas temperaturas de los alimentos, haciendo la transición de altas a bajas temperaturas lo más rápida posible, disminuyendo el impacto en la degradación de las propiedades organolépticas de los alimentos; por esta razón, se está investigando la tecnología basada en microondas, que permite este tipo de efectos (es empleado incluso en carnes). Este método es muy adecuado para los alimentos líquidos ligeramente ácidos, tal como los zumos de frutas y los zumos de verduras (como el gazpacho), ya que permite períodos de conservación de 10 a 45 días si se almacenan refrigerados a 10 °C.

2.4. Organismos reguladores del estándar.

Los métodos de pasteurización corresponden a una serie de métodos estandarizados por los responsables de alimentación de cada país y son controlados por las agencias encargadas de vigilar la calidad de la alimentación (algunos ejemplos son la USDA en Estados Unidos y la Food Standards Agency en el Reino Unido) mediante la implementación de un derecho alimentario específico. Estas agencias requieren y vigilan que, por ejemplo, los lácteos pasteurizados mediante HTST lleven la etiqueta alimentaria adecuada.

Por regla general existen diferentes estándares en función de los lácteos a procesar. El principal factor a tener en cuenta es el contenido graso del producto. De esta forma, los estándares de pasteurización de la nata difieren de los estándares empleados para la leche desnatada, y los estándares para pasteurizar queso se diseñan e implementan de tal forma que no se destruyan las enzimas que procesan los fosfatos, útiles para mantener las propiedades de corte y textura de los quesos.

Los métodos estándares de pasteurización HTST han sido designados para alcanzar una extensión del periodo de caducidad de cerca de 5 días (es decir 0,00001 veces el período original) reduciendo el número de microorganismos en la leche y otros alimentos. Este método es considerado adecuado para la reducción de poblaciones de casi todas las bacterias patógenas, esporas y cualquier otro microorganismo resistente a las altas temperaturas (incluyendo particularmente a la *Mycobacterium tuberculosis*, causante de la tuberculosis y la *Coxiella burnetii* causante de la fiebre Q). El proceso de pasteurización HTST se diseña para que los productos sean calentados uniformemente, evitando que sólo algunas partes sean sometidas a esterilización mientras que otras no.

3. DINÁMICA DE LA PASTEURIZACIÓN.

La pasteurización es un proceso que sigue una cinética química de primer orden. Denominamos N al número de microorganismos vivos a una temperatura dada de exposición T , y N_0 a la población de microorganismos inicialmente. Si K_d es la constante cinética de muerte debido a la temperatura (velocidad de muerte de los microorganismos), la disminución en la población (cultivo) depende de la siguiente fórmula exponencial:

$$N = N_0 e^{-K_d T}$$

Esta fórmula es fundamental para determinar evolución de un cultivo en función de la temperatura. Se puede ver en ella una gran dependencia con la temperatura de exposición T . La fórmula es el fundamento, además, de los denominados diagramas de supervivencia en la industria de la alimentación, donde $\log(N/N_0)$ es el tiempo de exposición a una temperatura T fija. Típicamente las gráficas de supervivencia de los microorganismos al calor aparecen como líneas rectas en una escala semilogarítmica. La correlación existente entre la velocidad (o ratio) de muerte de microorganismos y la temperatura cumple la ecuación de Arrhenius.

Un factor importante asignado a cada microorganismo es el denominado Tiempo de reducción decimal o también valor D de un microorganismo, y se define como el tiempo necesario para que a una temperatura determinada se pueda reducir el 90% su población en el producto tratado. Es una expresión de la resistencia de un microorganismo al efecto de la temperatura. Su expresión es:

$$D_T = \frac{\Delta t}{\log N_0 - \log N}$$

Donde Δt es el período al que se expone la muestra, N_0 es la población inicial y N la población final. Pueden obtenerse diferentes valores D para un microorganismo dado, o para un proceso particular de un alimento, determinando los sobrevivientes a diferentes temperaturas. Altos valores de D indican que el microorganismo es más resistente que otros que poseen un valor inferior. Existen otros valores como la “constante de resistencia termal”, conocida frecuentemente como “valor z ”, que se define como la diferencia en temperaturas necesaria para causar una reducción de un 90% en el valor D .

4. FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO.

4.1. La acidez del alimento.

La acidez determina el grado de supervivencia de un organismo bacteriano. La principal clave para averiguar este parámetro es el pH; cabe decir que históricamente los alimentos se han considerado ácidos o poco ácidos. Hay que considerar que la mayoría de las bacterias tóxicas como la *Clostridium botulinum* ya no están activas por debajo de un valor de 4,5 (es decir que un simple zumo de limón las desactiva).

Los alimentos se pueden considerar como ácidos si están por debajo de este valor de pH (la mayoría de las frutas se encuentran en este rango, sobre todo los cítricos). En el caso de alimentos con un pH superior, es necesario un tratamiento térmico de 121 °C durante 3 minutos (o un proceso equivalente) como procesado mínimo (es decir, la leche, las verduras, las carnes, el pescado, etc.). No obstante, muchos de estos alimentos se convierten en ácidos cuando se les añade vinagre, zumo de limón, etc., o simplemente fermentan cambiando su valor de acidez. La causa de este efecto reside en la desactivación de la actividad microbiana debida a la simple influencia que posee por el valor de la acidez, indicada por el pH, sobre la condición de vida de estos microorganismos.

4.2. Organismos resistentes.

Algunos organismos y bacterias cultivados en los alimentos son resistentes a la pasteurización, como el *Bacillus cereus* (pudiendo llegar a prosperar cultivos de este bacilo incluso a bajas temperaturas), el *Bacillus stearothermophilus*, etc. No obstante la resistencia a la eliminación térmica depende en gran medida del pH, actividad acuosa, o simplemente de la composición química de los alimentos, la facilidad o probabilidad de volver a ser contaminados (en lo que se denomina en inglés *postprocessing contamination*, o PPC)

4.3. Forma del alimento.

Mencionar la forma como un factor a tener en cuenta en la pasteurización del alimento es equivalente a decir que lo que influye es la superficie exterior del alimento. Cabe pensar que el principal objetivo del proceso de pasteurización es el incremento de la razón entre la capacidad de enfriamiento y la superficie del mismo. De esta forma, el peor ratio corresponde a los alimentos similares a una esfera. En el caso de los alimentos líquidos, se procura que tengan formas óptimas para que la variación de

temperatura, tanto en calentamiento como en enfriamiento, pueda obtener ratios óptimos.

4.4. Propiedades térmicas del alimento.

Algunas propiedades térmicas del alimento afectan de forma indirecta al rendimiento final de la pasteurización sobre el mismo, como la capacidad calorífica (la cantidad de energía que hay que “inyectar” por unidad de masa de alimento para que suba de temperatura), la conductividad térmica (garantiza la homogeneidad del proceso en el alimento), la inercia térmica (los alimentos con menor inercia térmica son más susceptibles de ser pasteurizados que los que poseen mayor inercia).

5. PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE.

Desde sus orígenes, la pasteurización se ha asociado con la leche. El primer investigador que sugirió este proceso para el producto lácteo fue el químico agrícola alemán Franz von Soxhlet en el año 1886, siendo Charles North quien aplicó dicho método a la leche por primera vez en el año 1907. Los microorganismos activan sus poblaciones creciendo de forma óptima en el intervalo de temperatura de 25 °C a 37 °C. Por esta razón, durante el proceso de manufactura y envasado de la industria láctea se evita que la temperatura de la leche esté en este intervalo después de la pasteurización. La leche es por regla general un medio ligeramente alcalino, de pH mayor que 7.

La leche de vaca pasteurizada por el método HTST y que ha sido correctamente refrigerada tiene un periodo de caducidad extendido que puede llegar a dos o tres semanas, mientras que la leche ultrapasteurizada puede tener una vida extendida que oscila entre dos y tres meses. Se puede llegar a periodos de conservación mayores (incluso sin refrigeración) cuando se combina la pasteurización UHT con la manipulación mediante tecnologías de contenedores esterilizados. Al mismo tiempo que se reducen las colonias, se eliminan también de la leche los microorganismos más termosensibles, como los coliformes, inactivándose la fosfatasa alcalina. A pesar de aplicar la pasteurización, la leche tratada sigue conteniendo actividad microbiana, por regla general bacterias lácticas (no patógenas, aunque sí capaces de hacer fermentar la leche) y es necesaria la refrigeración.

5.1. Enfermedades que previene.

Consumir leche cruda de animales, sin pasteurizar, expone a ciertos riesgos de contacto con organismos y bacterias causantes de enfermedades. En algunos países se

ha llegado a prohibir su venta. Algunas de las enfermedades evitadas con la pasteurización de la leche son la tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*), la difteria, la polio, la salmonelosis, la fiebre escarlata y las fiebres tifoideas. Hoy en día, muchas de estas enfermedades no tienen una gran relevancia debido al empleo generalizado de los procesos de pasteurización en las primeras etapas de manipulación de la leche.

5.2. Organismos afectados.

Entre los organismos cuyas poblaciones se pueden reducir considerablemente con la pasteurización de la leche se cuentan los siguientes:

- *Brucella abortus*
- *Campylobacter jejuni*
- *Escherichia coli*
- *Coxiella burnetii*
- *Escherichia coli* (0157:H7)
- *Listeria monocytogenes*
- *Mycobacterium tuberculosis*
- *Mycobacterium bovis*
- *Salmonella enterica serotypes*
- *Streptococcus pyogenes*
- *Yersinia enterocolitica*

5.3. ¿Son los métodos de pasteurización actuales adecuados?

La pasteurización de la leche ha sido objeto poco a poco de una polémica creciente. Por una parte, se ha descubierto que algunos organismos patógenos han desarrollado una resistencia a la disminución de población con la temperatura, consiguiendo sobrevivir a la pasteurización en cantidades significativas. Los investigadores han desarrollado diagnósticos más sensibles, como la reacción en cadena de la polimerasa (denominada también PCR), que han permitido analizar la supervivencia de las cepas de diferentes microorganismos a la pasteurización de la leche. Se ha detectado que la pasteurización en ciertas condiciones destruye la vitamina A y la vitamina B.