

EQUIPOS DE PASTEURIZACIÓN

130 años de desarrollo hasta la eliminación de la zona de mantenimiento a alta temperatura

En el año 1876 Louis Pasteur publicó distintos trabajos acerca de sus investigaciones sobre la cerveza. Probó que la fermentación alcohólica – al igual que la descomposición biológica – está ligada a microorganismos vivos. Los ensayos que realizó demostraron que los microorganismos responsables de la fermentación y “putrefacción” de la cerveza, mueren a temperaturas elevadas. Sus trabajos describieron un tratamiento térmico en la botella cerrada a temperaturas entre 69 °C y 75 °C.

Sus descubrimientos constituyeron la base para la elaboración de cerveza con propiedades cualitativas predeterminables, ya que, hasta ese momento, el proceso normal era la fermentación espontánea. Estos conocimientos fueron la piedra fundamental para el cultivo de levaduras puras y para lograr una fermentación controlada. Las tasas de mortandad de gérmenes halladas en esa época, bien como las temperaturas determinadas en forma experimental, aún hoy constituyen el estado actual de conocimientos.



Actualmente, para proteger los productos sensibles contra la descomposición microbiológica, se los trata térmicamente dentro de botellas o de latas. El producto contenido en el envase no se puede calentar ni enfriar homogéneamente por razones físicas. Esto conlleva a que las

áreas exteriores del envase se calienten más que la parte central del mismo. Ello debido:

- a razones de calidad del producto, o
- porque el envase no es adecuado para ello, y
- a causa de los menores costes de compra y de operación,

el producto, siempre que sea posible, se pasteuriza en un pasteurizador flash y se envasa con bajo contenido de gérmenes o libre de gérmenes.

Consideremos una cerveza común, elaborada cuidadosamente y con bajo contenido inicial de bacterias, con amargor y tenor de CO₂ y de alcohol normales, fermentada casi hasta su límite de atenuación, y cuyos otros parámetros, como por ejemplo el pH, son también normales. Desde el punto de vista microbiológico, dicha cerveza es muy resistente, y se comercializa, aun en latas, sin ser pasteurizada en el envase.

La pasteurización mejora la estabilidad organoléptica de la cerveza

Los productos sensibles, como por ejemplo la cerveza sin alcohol, normalmente se pasteurizan dentro del envase. En especial y por razones de calidad, algunos cerveceros consideran envasar esos productos en forma aséptica. Muchos consumidores ya se han acostumbrado al sabor proveniente de la pasteurización de las cervezas sin alcohol. Dicho sabor puede también encubrir el aroma a mosto en aquellos productos elaborados mediante fermentación interrumpida, con el resultado de que muchos consumidores prefieren el sabor de la cerveza pasteurizada al de la cerveza elaborada con otros métodos más costosos. Como la pasteurización dentro del envase también produce una especie de envejecimiento artificial, las cervezas adquieren así una mejor estabilidad organoléptica. En

Raimund Kalinowski



Cervecerero práctico y profesional nacido en 1957. Luego de diversas actividades (jefe de equipo de puesta en marcha, 1er. cervecero, jefe del departamento de cervecería y de maquinarias de VLB en Berlín, posiciones ejecutivas en plantas de fabricación de equipos) actualmente se ocupa como asesor independiente de empresas, y como perito privado y oficial de máquinas de la industria cervecera y de bebidas, en especial respecto a fallos de diseño y construcción; autor de gran cantidad de dictámenes periciales y de evaluaciones de equipos.

los países fuera del ámbito europeo hay no pocos “expertos en cerveza” que prefieren justamente esos productos, a pesar de su alto coste de importación, ya que se han acostumbrado a su sabor. Si se define a la calidad como la mayor reproducibilidad y consistencia posible, estas cervezas son de alta calidad.

Ventajas de un pasteurizador flash

Desde el punto de vista económico, ni una instalación de envasado aséptico, ni un pasteurizador de túnel son equipos que se deban considerar para una cerveza normal. Debido a su fácil operación y a los bajos costes operativos, muchas cervecerías utilizan un pasteurizador flash en lugar del correspondiente equipo de filtración.

Los pasteurizadores flash normalmente son intercambiadores de placas con tres zonas (Imagen 1),

- zona de regeneración
- zona de calentamiento con mantenimiento posterior de alta temperatura, y
- zona de enfriamiento.

El calentamiento habitualmente se realiza utilizando un circuito secundario. O sea, el agua fluye en circuito cerrado y es mantenida caliente mediante vapor o agua caliente externa. La regulación de este sistema es relativamente lenta. Por tal razón, el caudal circulante se debe modificar suavemente, para que la temperatura sea regulada sin grandes desvíos respecto al valor nominal deseado.

Los sensores de temperatura, de acuerdo a su tipo, tienen reacción más o menos lenta, o directamente muy lenta. Es de extrañar que la mayor parte de los fabricantes de equipos raramente aprovechan los dispositivos existentes, económicamente viables, para medir temperaturas en la forma más correcta posible. Además, la forma del montaje y el posicionamiento de los sensores de temperatura es a menudo incorrecta.

La regulación de UP, es decir, la regulación de las unidades de pasteurización (UP), es en realidad una regulación de temperatura, para la cual se determina el tratamiento térmico en forma previa y luego se calculan las temperaturas correspondientes. Para el cálculo de las UP generalmente se considera sólo la zona de mantenimiento a alta temperatura, ya que el efecto germicida, según Louis Pasteur, comienza a los 60 °C. No obstante, esa temperatura ya se alcanza en la zona de calentamiento durante un breve período. En los equipos de pasteurización flash habituales, con tiempos de mantenimiento a alta temperatura de 30 segundos y unidades de pasteurización de 15 a 20, se suman de 1 a 2,5 UP, generadas por temperaturas superiores a 60 °C dentro de la zona de transferencia de calor.

A menudo, el tiempo de mantenimiento a alta temperatura, por ejemplo de 30 segundos, no coincide con el regulado en el sistema de control y aceptado por el operador como verdadero. Frecuentemente no se tienen en cuenta las tuberías de conexión desde la zona de calentamiento hasta la zona de mantenimiento a alta temperatura,

ni tampoco los codos de esta última. Además, no siempre se tiene en cuenta el diámetro real de la tubería. Por razones de costes, a veces se instalan zonas de mantenimiento a alta temperatura más cortas, con un diámetro correspondientemente mayor. En tales casos – especialmente cuando el equipo se opera con capacidad diferente a la nominal – no siempre puede garantizarse un flujo turbulento. Cuando éste es laminar, no se logra un tiempo de mantenimiento a alta temperatura siempre igual, el cual tampoco es predecible. A veces, las zonas de mantenimiento a alta temperatura también se instalan en forma de paquetes de placas.

Ventajas y desventajas del intercambiador de calor de placas

El intercambiador de placas tiene ventajas indiscutibles respecto a

un intercambiador de calor tubular:

- es compacto,
- si fuera preciso, puede transportarse en partes separadas, y
- comparativamente, se puede instalar una gran superficie de intercambio de calor a un coste más conveniente.

Por el contrario, sus principales desventajas son:

- Debido al menor espesor de las placas y a errores de operación, en especial cuando se llenan las tuberías y el intercambiador estando estos vacíos, a menudo se producen roturas en las placas. Ese motivo hace que sea absolutamente necesaria una caída positiva de presión (de bueno a malo, es decir, de producto pasteurizado a no pasteurizado, o de producto a agua helada, etc.) Por ello, un pasteurizador a placas debe disponer siempre de una bomba elevadora de presión. Aun si el contenido de CO₂ o la pérdida

de presión en el aparato no lo requirieran, la bomba es necesaria para proteger el producto.

- A partir de un determinado rango de presión, como se requiere por ejemplo para pasteurizar cerveza, estos aparatos siempre tienen puntos de apoyo. Si hubiera un contacto de metal sobre metal en el lado del producto, la rendija resultante sería muy difícil de limpiar.
- La distribución del flujo dentro de la placa no es absolutamente uniforme. Puede haber diferencias de hasta un 20 por ciento. No obstante, esta irregularidad se compensa satisfactoriamente mediante varios cambios de dirección.
- El cambio de juntas es una tarea relativamente trabajosa.

Para la zona de mantenimiento a alta temperatura, la utilización de un intercambiador de placas en lugar de un intercambiador tubular, no ofrece ninguna ventaja ni tiene argumentos a favor.

Aun en aquellos equipos instalados en forma óptima, en los cuales se tuvieron en cuenta todos los detalles antedichos, existen variaciones inevitables en la carga térmica de la cerveza, causadas por límites físicos naturales. Este motivo justifica el mantenimiento de un tiempo de 30 segundos a alta temperatura, porque, con la tecnología existente, los resultados presentan una variación de ± 10%.

Comparando con lo antedicho, la exposición de una película fotográfica a una velocidad de 1/15 segundo y una apertura de diafragma de 1,2 aporta aproximadamente la misma cantidad de luz a la película que haciéndolo a una velocidad de 16 segundos y con una apertura de 32. A pesar de la exposición correcta en ambos casos, los resultados se diferenciarán no sólo en la nitidez de la profundidad de campo, sino también en la luz dispersa generada por la exposición de largo tiempo. Al final del siglo XIX no existían objetivos con apertura inicial de diafragma de 1,2, de modo que debían emplearse exposiciones de largo tiempo.

En los libros de estudio generalmente se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de las unidades de pasteurización:

$$UP = \text{tiempo} * 1,393^{(t-60)}$$

Sin embargo, como normalmente las unidades de pasteurización (UP) se establecen previamente, para calcular la temperatura correspondiente a una cierta carga térmica y a un determinado tiempo de proceso, la fórmula debe modificarse:

$$\frac{\log \frac{P}{\text{tiempo}}}{\log 1,393} + 60 = \text{temperatura de pasteurización}$$

La diferencia de temperatura promedio en un intercambiador de calor en contracorriente, no se calcula en forma aritmética. Se debe determinar la diferencia de temperatura logarítmica, según la fórmula siguiente

$$\frac{\Delta T_{\text{grande}} - \Delta T_{\text{pequeño}}}{\ln \frac{\Delta T_{\text{grande}}}{\Delta T_{\text{pequeño}}}} = \Delta T_{\text{mediano_ln}}$$

Ejemplo:

Medio 1: Entrada 1 °C, salida 10 °C

Medio 2: Entrada 20 °C, salida 5 °C

La diferencia entre la entrada 1 (1 °C) y la salida 2 (5 °C) es 4 °C o 4 K

La diferencia entre la salida 1 (10 °C) y la entrada 2 (20 °C) es 10 °C o 10 K

con ello se da: pequeño $\Delta T = 4K$ y gran $\Delta T = 10K$

El resultado correcto de este ejemplo es: 6,55 K

Observación: en la página de Internet

<http://www.sachverstand-gutachten.de/wissenswertes.html> se pueden descargar las fórmulas aquí indicadas en un fichero de MS Excel.

¿No hay alguna otra técnica disponible para la pasteurización flash?

La empresa de productos lácteos Trittau comercializa desde 1995 un tipo de leche llamada de "durabilidad extendida" (leche ESL: extended shelf life) con una durabilidad de 18 días, que, para lácteos, es muy larga. A pesar de las altas temperaturas de pasteurización, comparables a las utilizadas en equipos de UHT (= temperaturas ultra altas), la leche prácticamente no tiene el sabor característico de hervido del sistema UHT. Los muchos ensayos realizados demostraron que las altas temperaturas y los cortos tiempos de procesamiento son mejores para la calidad de la leche. Las sustancias delicadas que contiene, como las proteínas y los azúcares, también las contiene la cerveza. A pesar de que todavía faltan investigaciones científicas serias, es posible asumir con alto porcentaje de probabilidad, que también

es positivo para las cervezas el tratamiento a altas temperaturas y con tiempos reducidos correspondientes.

La tecnología empleada con la leche ESL no puede aplicarse a la cerveza carbonatada, ya que para la leche se hace uso de una etapa de presión negativa para el enfriamiento rápido de la misma.

Pasteurización flash sin zona de mantenimiento a alta temperatura

Las fluctuaciones inevitables en el proceso de pasteurización flash habitual impiden emplear tratamientos a mayores temperaturas. No obstante, utilizando una tecnología modificada correspondientemente, es posible aumentar la temperatura de tratamiento en forma significativa. En un pasteurizador flash, aplicando algoritmos de regulación apropiados, es posible prescindir

totalmente de la zona de mantenimiento a alta temperatura. En tal caso, la pasteurización se realiza exclusivamente durante el calentamiento y durante el enfriamiento directamente subsiguiente (Imagen 2).

En estos casos el cálculo de la superficie de transferencia térmica debe ser especialmente cuidadoso. Debido a que la pasteurización se realiza por completo dentro del intercambiador térmico, es necesario mantener un volumen constante y conocido, al igual que un flujo predecible y uniforme. La temperatura en las superficies de separación debe ser la menor posible, sin alcanzar la temperatura de pasteurización máxima. Estos requerimientos no pueden cumplirse con un intercambiador térmico de placas. Estas aseveraciones fueron comprobadas cabalmente con productos mucho más delicados que la cerveza y la leche, como por ejemplo con huevos frescos. Si en un

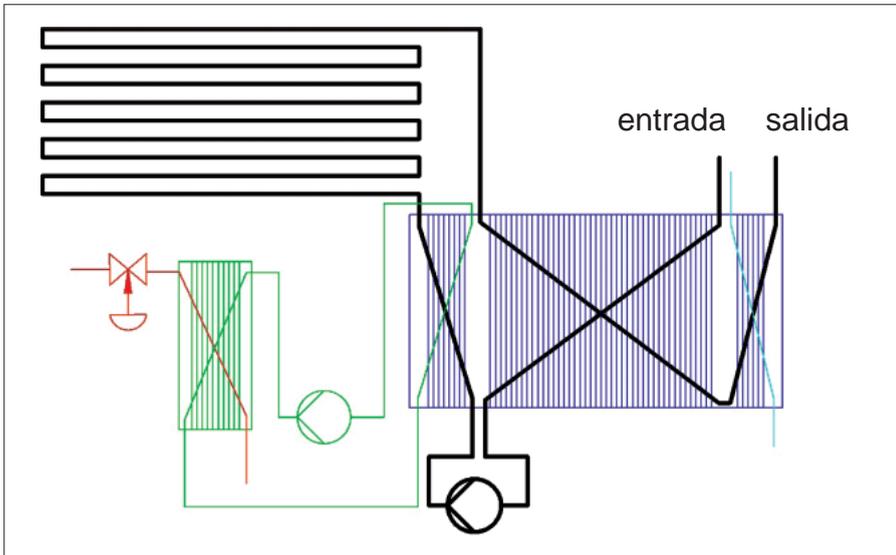


Imagen 1: Los pasteurizadores flash generalmente son intercambiadores de calor de placas, con tres zonas: regeneración, calentamiento con mantenimiento posterior de la temperatura alta y enfriamiento.

pasteurizador de placas se utilizarán las mismas temperaturas de pasteurización que se pueden emplear en un intercambiador de calor tubular, en lugar de huevos pasteurizados se obtendrían huevos revueltos.

Regulación más precisa y rápida

Al no existir un circuito secundario, la regulación es más rápida y precisa. Como el vapor se utiliza sólo para el calentamiento de la cerveza, el proceso de intercambio calórico mejora. Debido a que en un intercambiador tubular el vapor se condensa en forma muy uniforme, la temperatura de condensación es constante

en toda la superficie de los tubos. Cuando, para una determinada velocidad de flujo de la cerveza, se selecciona una superficie de intercambio calórico de igual tamaño que la de un equipo de placas equivalente, la temperatura máxima en las superficies de separación se reduce. Las presiones pueden medirse en forma más rápida y precisa que las temperaturas, a un coste accesible. Por tal motivo, la alimentación de vapor se regula fundamentalmente a través de la presión. Como aun empleando temperaturas elevadas de pasteurización de cerveza, no se alcanza el límite de 100 °C, la calefacción directa con vapor se realiza con presión negativa. Por eso,

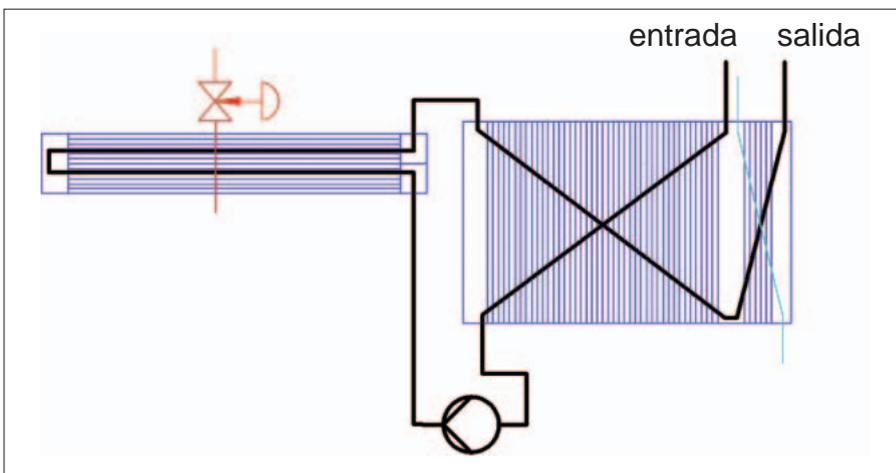


Imagen 2: La utilización de un equipo de pasteurización flash sin zona de mantenimiento a alta temperatura es factible. En este caso, la pasteurización se realiza durante el calentamiento y durante el enfriamiento directamente subsiguiente.

el intercambiador térmico tubular no es un instrumento a presión. El coste de la técnica para succionar el aire y el condensado a presión negativa, es pequeño. Para lograr que el enfriamiento sea el más rápido posible, la recuperación de calor del intercambiador de placas se mantiene relativamente baja.

Costes de CIP proporcionales al tamaño de la regeneración

La tendencia hacia el uso de equipos con tasas de recuperación de calor cada vez mayores fue impulsada por la elevación de los costes de la energía. Pero una regeneración mayor incrementa la cantidad de energía necesaria para el arranque del equipo. Al iniciar o finalizar el proceso, o durante los cambios de producto, se incrementan las pérdidas de producto y los consiguientes costes del tratamiento de efluentes. Los costes del CIP varían en forma casi directamente proporcional al tamaño de la regeneración. Un aumento de la recuperación de calor de por ejemplo 93 a 94 por ciento reduce los costes operativos recién después de varias horas de operación, sin que se hagan cambios de producto. Aunque la suma de los costes adicionales totales para obtener una mayor regeneración sea pequeña en relación con la inversión, su tiempo de amortización es, no obstante, muy largo. Esto es así porque el ahorro obtenido durante la operación es también muy pequeño.

Resumen

Louis Pasteur realizó sus investigaciones hace 130 años. Logró su objetivo de limitar la descomposición de la cerveza. Entretanto, hay actualmente posibilidades disponibles para elevar significativamente la temperatura de pasteurización y de prescindir por completo del uso de una zona de mantenimiento de alta temperatura. Si este hecho produce las mejoras esperadas, debe todavía demostrarse mediante ensayos con acompañamiento científico. □