

¿Cómo funciona la esterilización por vapor?

La esterilización por vapor se desarrolló durante el siglo XIX, desde entonces se ha perfeccionado, pero sigue siendo el método más común para lograr la esterilidad en el campo de las ciencias de la vida hoy en día.



JOAKIM LARSSON
DIRECTOR DE LA LÍNEA DE PRODUCTOS DE
ESTERILIZADORES DEL ÁREA DE NEGOCIO DE
CIENCIAS DE LA VIDA DE GETINGE

Definición de esterilidad y esterilización

Estéril

La definición de estéril es la ausencia de microorganismos viables.

Esterilización

La esterilización es el proceso para lograr una condición libre de microorganismos viables.

Microorganismos

El proceso de esterilización deberá lograr la esterilidad, es decir, la ausencia de microorganismos dentro del límite estéril. Los microorganismos a eliminar suelen ser virus o bacterias. Los más difíciles son las bacterias formadoras de esporas que pueden estar inactivas durante años protegidas del estrés como la deshidratación o el calor. Uno de los más resistentes al calor, el *Geobacillus stearothermophilus*, se utiliza como organismo

piloto para probar la eficacia de los procesos de esterilización por vapor.

Esterilización con calor húmedo/ Esterilización con vapor

Definición

El vapor no sólo es habitual, sino que también es el método preferido si el artículo a esterilizar puede soportar el calor. La esterilización se realiza normalmente en un autoclave a una presión elevada de 1-2 bares por encima de la presión atmosférica a temperaturas de 121-134°C para el vapor saturado. La temperatura y el tiempo de exposición asegurarán el efecto mortífero, una temperatura más alta provocará un aumento exponencial del efecto mortífero.

Qué es el vapor saturado

El vapor saturado es vapor de agua en un estado de equilibrio entre la condensación y la evaporación. En cuanto se encuentre con una superficie más fría, se condensará y liberará su calor latente de evaporación.

Vapor sobrecalentado

El vapor sobrecalentado es un vapor de agua cuya temperatura es superior al punto de ebullición del agua a la presión correspondiente. El calor sobrecalentado no se condensará hasta que se elimine la energía suficiente para llevarlo a la saturación.

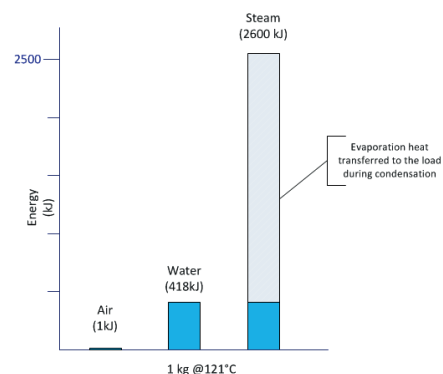
Por qué y cuándo utilizar el vapor saturado

El vapor es predecible

El vapor saturado tiene una correlación entre la temperatura y la presión, lo que ofrece la posibilidad de controlar y supervisar tanto la presión como la temperatura. Para una temperatura determinada existe una presión específica, es decir, 121°C–1 bar(es), 134°C–2 bar(es), una desviación con menor presión indicaría un recalentamiento del vapor.

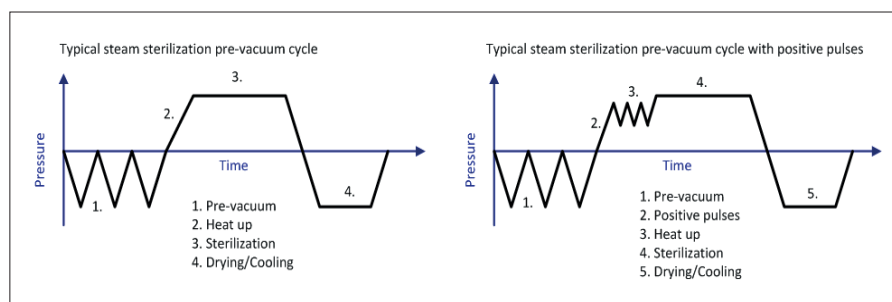
El vapor es un excelente portador de calor

El vapor es un excelente portador de calor; una gran parte de este calor está latente en la fase de vapor y se transferirá a la carga al condensarse. Esta transferencia de calor es el mecanismo para destruir los microorganismos por desnaturalización de su estructura celular.



El vapor encuentra puntos fríos

Cuando el vapor se condensa y libera su calor en un punto frío, pasa de fase gaseosa a líquida y el volumen se reduce a 1/1000 del



volumen del vapor. Esto provoca una baja presión local y el vapor se moverá en esa dirección. Este vapor se condensará y se sustituirá por otro nuevo hasta que se iguale la temperatura. Este mecanismo asegura que la distribución de la temperatura de un ciclo de esterilización por vapor.

Desafíos al trabajar con vapor como método de esterilización

Extracción de aire

Para que el vapor inyectado llegue a todas partes dentro de la cámara de esterilización es imprescindible la eliminación del aire. El vapor y el aire no se mezclan bien y el aire restante impedirá que el vapor saturado se condense y posteriormente libere su energía y garantice la esterilidad en ese punto.

La eliminación del aire se realiza normalmente mediante:

- Extracción de aire por gravedad: las diferentes propiedades del vapor y del aire permiten expulsar el aire por medio del vapor. La eficiencia depende en gran medida de la distribución del vapor inyectado y de la configuración de la carga (tipo, envoltura, forma, orientación y posición).
- Pulsos de presión positiva—Se inyecta vapor para dar una sobrepresión y luego se libera a la presión atmosférica de nuevo. En cada impulso se extrae un poco de aire.
- Impulsos de vacío—Se utiliza un eyector o una bomba de vacío para sacar el aire de la cámara, la condición de vacío se iguala en ese momento mediante la inyección de vapor. La pulsación se repite hasta que se consigue una extracción de aire suficiente.

Para un esterilizador moderno la extracción de aire con bomba de vacío es el método más eficiente, aunque a veces se aplica en combinación con pulsos de presión positiva, particularmente para cargas porosas.

Calidad del vapor

La calidad del vapor es fundamental para el éxito de un proceso de esterilización por vapor y suele definirse como:

- Gases no condensables
- Sequedad
- Recalentamiento
- Contaminantes

En el apartado 13.3 de la norma EN 285:2016 se ofrece orientación sobre los métodos de verificación de la calidad del vapor; se trata principalmente de una norma para los esterilizadores de vapor en el ámbito de la atención sanitaria, pero a menudo se utiliza como referencia también para los laboratorios u otras aplicaciones de las ciencias de la vida.

Distribución de vapor

Para no crear bolsas de vapor es importante distribuir correctamente el vapor en la cámara. La mayor densidad del aire y la escasa mezcla de aire y vapor conducen a un diseño en el que el vapor entrante se dirige hacia la parte superior de la cámara de la forma más uniforme posible.



Características de la carga

Los distintos tipos de cargas se deben tratar y procesar de forma diferente.

Para las cargas sólidas, como la cristalería y los utensilios, se prefieren los ciclos de pre-vacío.

Las cargas porosas, como los filtros o los productos envueltos, también suelen procesarse en ciclos de pre-vacío, pero la tasa de vacío puede reducirse para proteger la carga.

Los ciclos de carga de líquido contienen una extracción de aire por gravedad y un enfriamiento dependiendo de si el contenedor de líquido está ventilado (abierto) o cerrado. Un contenedor ventilado puede enfriarse reduciendo la presión de la fase de esterilización hasta la atmosférica de forma controlada, con ebullición controlada. En el caso de los contenedores cerrados, se suele utilizar la refrigeración por camisa con agua fría.

Carga húmeda

Para evitar que la carga se moje cuando se trabaja con cargas envueltas o porosas, la sequedad del vapor es imprescindible, el vapor deberá estar saturado y seco. La sequedad del vapor deberá ser >97 % para no causar problemas. Para ayudar y minimizar la presencia de agua también se puede utilizar el calentamiento indirecto mediante una camisa. La camisa se calienta a una temperatura cercana a la de esterilización para evitar la condensación en la pared de la cámara durante el calentamiento.

Puntos calientes

Si se utiliza vapor para calentar la camisa para el calentamiento indirecto o la junta de la puerta se sella utilizando vapor como medio de accionamiento, existe el riesgo de que se produzcan puntos calientes. Si la temperatura de esas zonas es más alta, el vapor no se condensará en esas superficies y habrá una limitación de la transferencia de calor del vapor. El control exacto de la temperatura por debajo de la temperatura de la cámara es la clave.

Secado

El secado después de la esterilización puede conseguirse reduciendo la presión por debajo de la temperatura de saturación correspondiente, lo que dará lugar a la evaporación de la humedad en la carga. El efecto puede reforzarse utilizando la bomba de vacío o el eyector para alcanzar una presión subatmosférica ●