Autores: Hans Juursema/Sylvia van Uden/Paul Verswyvel
Weber Cooling / www.webercooling.com
Correo: hj@webercooling.com/svu@webercooling.com/paul@webercooling.com

En los últimos años se han instalado más y más **enfriadores por vacío** en cultivos de flores, empresas exportadoras y centros logísticos. La importancia de un control adecuado de la temperatura y la humedad desempeña un papel clave durante toda la cadena de frío, asegurando una calidad adecuada de las flores. La combinación del transporte a larga distancia y un control deficiente de la temperatura resulta en flores con una longevidad inadecuada que se venden a los consumidores. El control de la temperatura juega un papel clave y el Enfriamiento por Vacío es la respuesta perfecta.

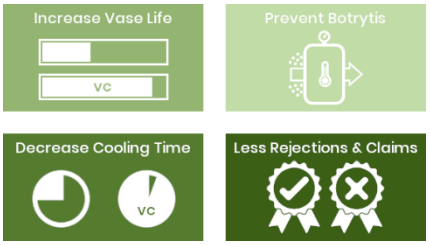
1. La importancia del preenfriamiento

El preenfriamiento es la eliminación rápida del calor de campo de los productos frescos. Es uno de los métodos más efectivos para mantener la calidad y se clasifica como una de las actividades de valor agregado más esenciales en la cadena hortícola. El preenfriamiento es un paso muy importante en la fase de la postcosecha de productos perecederos, ya que todas las flores se estresan después de la cosecha. Esto da como resultado la **transpiración** (sudoración, que resulta en la pérdida de peso y la acumulación de humedad en la piel del producto) y la **respiración** (respiración = quema de azúcares), lo que resulta en la pérdida de vida del producto, pero al mismo tiempo en un aumento de la temperatura del producto, especialmente cuando está bien empacado.

Tanto la respiración como la transpiración pueden reducirse considerablemente mediante el preenfriamiento. En promedio, ambos pueden reducirse con un factor de 4, 5 o incluso más, si se enfría después de la cosecha (en promedio de 20-30°C) a 5°C o menos. La temperatura final perfecta se define por muchos factores, como el producto a enfriar y los pasos posteriores a la cosecha después del preenfriamiento. Variedades como Statice se benefician del preenfriamiento directamente después de la cosecha (más el beneficio de un secado mejorado), en rosas el preenfriamiento se puede hacer mejor después de la hidratación

Un buen preenfriamiento además:

- Previene marchitez;
- minimiza el riesgo de Botritis;
- reduce la tasa de producción de etileno
- previene el envejecimiento prematuro y cabeceo



En general, ayuda a reducir la pérdida de calidad del producto una vez que se ha cosechado. Del mismo modo, el preenfriamiento aumenta la vida útil de las flores. Una mayor calidad y una vida útil más larga afectarán positivamente la decisión de compra del consumidor y significarán más ganancias para los productores. El enfriamiento por vacío ofrece un valor agregado y permite expandir su mercado.

2. Métodos de Preenfriamiento

Hay diferentes métodos disponibles para el preenfriamiento de flores

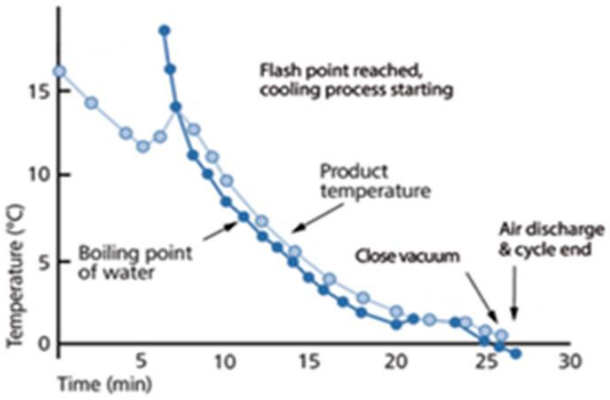
- Enfriamiento en cuarto frío
  Requiere de relativamente poca energía pero es muy lento.
- Air forzado (o 'blast air cooling', forzando el aire frío a través del producto)
  El aire forzado enfriará más rápido en comparación con el cuarto frío, pero siempre enfriará "de afuera hacia adentro" y alcanzará el centro de las cajas de flores solo después de un enfriamiento prolongado.
- El enfriamiento por vacío utiliza la energía del agua hirviendo para enfriar sus productos
  Para que el agua en el producto hierva, la presión en la cámara de vacío debe reducirse a niveles ultra bajas. Enfriar hasta el centro de las cajas es fácil y rápido. En este documento le informaremos más sobre esta tecnología, las aplicaciones y las ventajas que le puede aportar.

En este documento le contaremos más sobre la tecnología del Enfriamiento por Vacó, las aplicaciones y los beneficios que Brinda.

3. Preenfriamiento por Vacío

La parte más importante para mantener la calidad de las flores cosechadas es garantizar que se enfríen lo antes posible después de la cosecha y que se mantengan las temperaturas óptimas durante la distribución. La mayoría de las flores deben mantenerse a 2°a 4°C. Los productos perecederos generalmente se cosechan a temperaturas relativamente altas. Como son productos vivos, continúan creando calor (y humedad). Para evitar temperaturas excesivas, aumentar la vida en florero, reducir las devoluciones y prolongar los tiempos de transporte, el preenfriamiento rápido justo después de cosechar o empacar es vital.

El enfriamiento por vacío es **5 - 20 veces más rápido** y más efectivo que el enfriamiento convencional! Solo el enfriamiento por vacío puede enfriar ultrarrápido y uniformemente hasta el núcleo llegando a 0 a 5°C para la mayoría de los productos en 15 a 25 minutos! Mientras más superficie tenga el producto en relación con su peso, más rápido se podrá enfriar, siempre que haya elegido el enfriador por vacío adecuado: dependiendo de la temperatura final deseada, **las flores se pueden enfriar entre 15 y 25 minutos.**



La temperatura final deseada juega un papel importante en el tiempo de enfriamiento:

La primera etapa de enfriamiento hasta alrededor de 5°C, siempre es muy rápida (siempre que el enfriador por vacío sea lo suficientemente rápido), el enfriamiento hasta alrededor del punto de congelación requiere mucho más tiempo, como muestra el gráfico.

Otras ventajas del método de enfriamiento por vacío incluyen que los materiales de empaque de papel y plástico en las cajas no afectan la eficiencia del enfriamiento, se elimina el agua libre, **las cajas se pueden empacar con mucho producto y apilarse de cualquier manera en la cámara**, y puede funcionar igualmente bien con dry packs y wet packs para flor cortada y follajes y para plantas en macetas.

4. Funcionamiento de la tecnología del Enfriamiento por Vacío

El vacío funciona con presión. Existe una relación entre el nivel de presión y el punto de ebullición del agua. Cuanto menor es la presión, menor es el punto de ebullición del agua. Cuando se introduce un producto recién cosechado en la cámara de vacío, las bombas de vacío comienzan a evacuar gran parte del aire, disminuyendo la presión dentro de la cámara. Cuando el nivel de presión alcanza la temperatura del producto, una fracción (0,8 - 2%) de la humedad dentro del producto se ve obligada a evaporar. Este proceso de evaporación extrae energía (= calor) del producto, enfriando el interior y el exterior del producto de manera uniforme, desde el núcleo. Debido al vacío creado, no solo el exterior se enfría, sino también el núcleo del producto, ya que el enfriamiento se realiza desde el interior del producto.

¿Qué sucede dentro de la cámara de vacío y cómo se maneja el flujo de vapor?

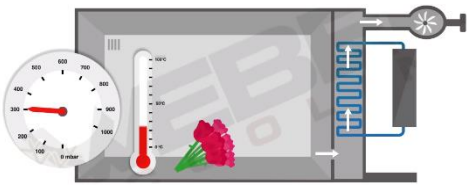
El flujo de vapor a la presión final es enorme y requeriría bombas de vacío muy grandes. Usar un condensador para atrapar el flujo de vapor es más económico! Los enfriadores por vacío Weber Cooling funcionan con condensadores muy eficientes que usan como refrigerante el glicol/agua (-5 a -0°C) para un enfriamiento rápido. El vapor caliente pasa a través del intercambiador de calor a través del cual se vuelve a condensar y se drena de la cámara. Cuando finaliza el ciclo, las bombas de vacío bombean aire a la habitación y la puerta se puede volver a abrir.

Observación: Por cada 6-7°C de reducción en temperatura, aproximadamente el 1% del peso del producto se transforma en vapor de agua. En un ciclo promedio de 15-25 minutos, la pérdida de peso puede variar entre 2-3%.

CICLO

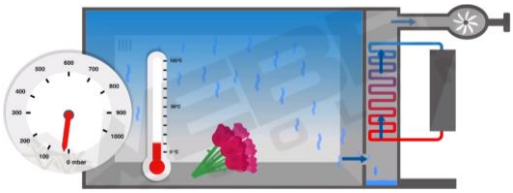
1. El producto se coloca en la cámara de vacío y la cámara se cierra.

2. La bomba de vacío arranca y reduce la presión de aire dentro de la cámara de 1000 mbares a la presión deseada.

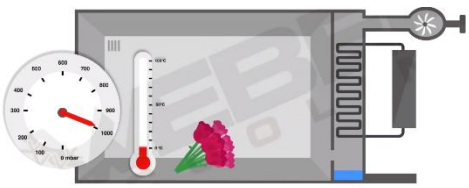


3. Una pequeña cantidad de agua dentro del producto comenzará a hervir al llegar la presión a la temperatura del producto. Este proceso de ebullición requiere de calor que se extrae del producto, forzando el enfriamiento.

4. En el condensador (localizado dentro de la cámara) el vapor de agua se recondensa y la bomba de vacío extrae el aire seco.



5. El ciclo finaliza cuando el producto está frío, y la presión vuelve a los 1000 mbar.

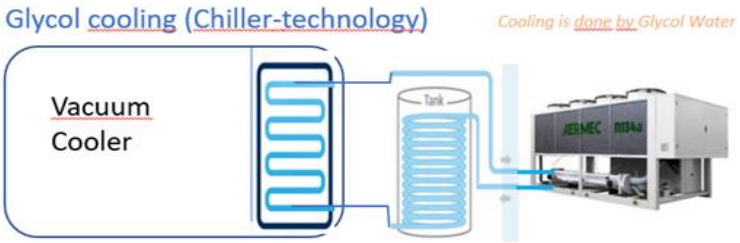


6. El agua condensada se drena y el enfriador está listo para la siguiente carga..

Tabla relación presión/temperatura

Presión mbar		Punto ebullición agua	
mBar	**Torr**	**°C**	**°F**
1000	760	100	212
56.2	42.2	35	95
42.4	31.8	30	86
31.7	23.8	25	77
28.4	21.3	20	68
17	12.8	15	59
14	10.5	12	53.6
12.3	8.6	9	48.2
9.3	7.0	6	42.8
7.6	5.7	3	37.4
6.1	4.6	0	32

Componentes de un Enfriador por Vacío

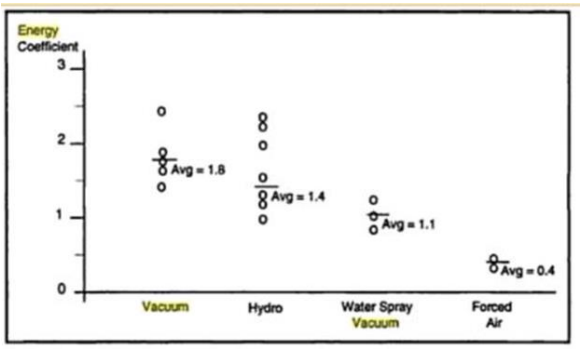


5. Comparación gasto energético

No hay discusión sobre el hecho de que el enfriamiento por vacío es el método más eficiente energéticamente para enfriar las flores y se puede aplicar de manera más eficiente que el aire forzado. Como regla general, se puede decir que debido a la diferencia en el coeficiente de energía, el enfriamiento mediante aire forzado necesitará hasta 4 o 5 veces más energía en comparación con el enfriamiento por vacío! Una comparación:

Promedio eficiencia preenfriamiento:

- Aire forzado: 30 – 50%
- Enfriamiento por vacío: 140 –250%



Para enfriar 100 kg de producto en un enfriador por vacío, necesitará aproximadamente 1 kWh de energía (+/- 20%), para enfriar de 23°C a 3°C. La energía necesaria será más baja para las flores y más alta para las hortalizas y hierbas (ya que tienen un calor específico más alto).
Con aire forzado esto puede ser más de 3 kWh! Además de la eficiencia energética del enfriamiento por vacío, también reduce el requerimiento de energía o la carga de trabajo de un cuarto frío.

6. La importancia del manejo de la cadena de frío para una óptima Logística & Vida en Florero

Los bajos niveles de temperatura durante el transporte reducen la vida útil en florero, aumentan las tasas de respiración y aumentan la producción de calor. Tanto el tiempo como la temperatura influyen en la calidad de las flores y las plantas. Los datos en la siguiente tabla muestran los efectos de la temperatura en las tasas promedio de respiración (producción de calor) para claveles cortados (adaptado de Maxie, 1973 y 1974).

Temperature		Respiration for carnations & roses (mg CO2/kg/hour)	Increase in respiration compared to 0°C / 32°F
0°C	32°F	10	-
10°C	50°F	30	3 times higher
20°C	68°F	266	27 times higher
30°C	86°F	523	52 times higher

A la temperatura a la que estas flores están comúnmente expuestas (50°F), respiran (y, por lo tanto, envejecen) aproximadamente tres veces más rápido que a la temperatura ideal de la cadena de frío (32°F).

Un estudio de Celikel y Reid (2001) también mostró que las tasas de respiración de las rosas aumentaron en un factor de tres cuando se almacenaron a 50°F en comparación con la temperatura de almacenamiento adecuada de 32°F. También mostraron que había una fuerte relación negativa entre la respiración durante el almacenamiento y la vida útil posterior en florero: cuanto mayor sea la respiración, menor será la vida útil en florero. Por ejemplo, las rosas "Ambiance" almacenadas a 32°F durante 5 días tuvieron una vida útil de 11.5 días a 68° F, mientras que las que se mantuvieron a 50°F durante 5 días duraron solo 7.0 días a 68°F, una disminución del 39% en la vida en florero

Además, las temperaturas más altas durante la cadena de frío también pueden provocar que se mojen los capuchones debido a la formación de condensado, normalmente en todas las superficies. Las temperaturas demasiado calientes aumentan las tasas de respiración, lo que nuevamente resulta en la formación de humedad en los capuchones, a menudo más en el interior. A mayor humedad, mayor es la probabilidad de que se desarrolle Botritis.

En consecuencia, el manejo de la cadena de frío se ha convertido en los últimos años en un factor vital de éxito en la vida de las flores frescas después de la cosecha. Las flores son productos vivos y delicados que necesitan condiciones óptimas de almacenamiento y transporte para garantizar la preservación de la belleza y una larga vida en florero. Empacadas en forma muy apretada en las cajas, las flores generan mucho calor durante el almacenamiento y el transporte, lo que contribuye a la decoloración, el marchitamiento, la apertura deficiente de las flores y el envejecimiento prematuro. El resultado es una vida reducida en florero con varios días como se menciona en el estudio anterior y los problemas asociados con la infección y el crecimiento de Botritis.

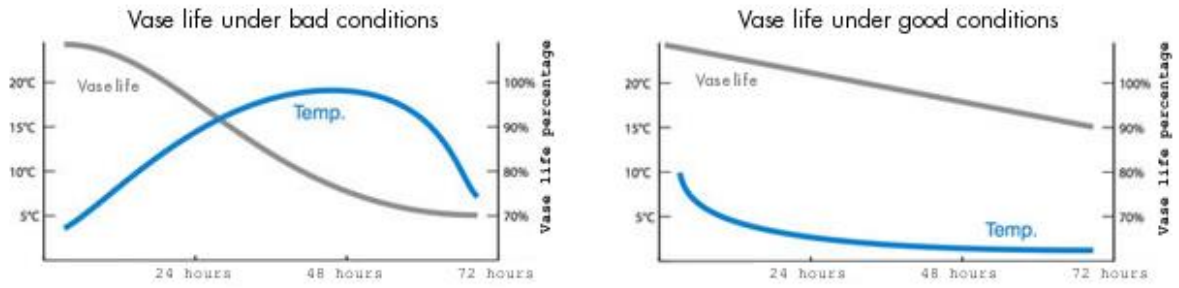
El enfriamiento por vacío es el método de preenfriamiento perfecto para (casi) todas las flores y se ha implementado con éxito en todas las etapas de la cadena de frío, tanto en las fincas como en los centros logísticos. Por qué el enfriamiento por vacío es tan perfecto?

Enfriar las flores hasta el núcleo es la única forma de garantizar bajas temperaturas durante el transporte a grandes distancias.

Con el enfriamiento por vacío, se puede reducir rápidamente la temperatura de las flores hasta 4 - 6°C hasta su núcleo, normalmente en unos 20-30 minutos.

Esto lleva la flor al estado de hibernación, minimizando la respiración y la transpiración, preservando la frescura y maximizando el almacenamiento y la vida útil.

Entre más tiempo estén expuestas las flores a temperaturas altas, mayor serán las pérdidas en calidad y vida en florero.



7. Un modelo de cálculo para un proceso ideal durante el transporte

La empresa holandesa FlowerWatch ha desarrollado un concepto central de "exposición de la temperatura en el tiempo", que se expresa en **grados hora**. Esta es la temperatura promedio de sus flores frescas durante el transporte multiplicada por la cantidad de horas (1 grado-hora = 1 hora x 1 grado Celsius). Cada 500 grados-hora reduce la vida útil del florero en un día. La clave para el desempeño exitoso de la cadena de frío es minimizar el número de grados por hora. Esta es la razón por la que mantener una temperatura baja de las flores durante toda la cadena de frío y mantener el número de " grado horas " dentro de los límites, asegurará la preservación de la máxima calidad y una vida útil más larga en florero.

El enfriamiento por vacío garantizará una temperatura igual de baja de todas las flores en un envío, ya que la presión es la misma en la cámara de vacío. En comparación con el enfriamiento por aire forzado, estos sistemas tienen dificultades para enfriar todas las flores de manera uniforme y al usar aire frío, las flores se secan. Por lo general, solo la parte exterior de las flores se enfría adecuadamente, el interior permanece caliente. Para flores empacadas en forma muy apretada no funciona, y realmente lleva mucho tiempo alcanzar temperaturas bajas. Esto hace que **el Enfriamiento por Vacío sea el método de enfriamiento perfecto para el envío de flores por vía marítima**.

Básicamente:

- El número de “grados-hora” dará una indicación de la frescura de las flores
- Usted mide la temperatura después de cosechar – cada hora – en C – y suma el total
- 500 grados-hora es aún bueno (en promedio), 750 grados-hora es “ pésimo”.
- Si se toman 3 días (72 horas) con un promedio de 5°C, = 72 x 5 – 360 grados hora, está bien

Lo más fácil es usar dataloggers para diferentes envíos y por la gráfica revisar en qué momentos se puede mejorar la cadena de frío para mantener los grados-hora lo más bajo posible.

8. Enfriadores por Vacío para Flores

Las flores tienen una estructura abierta, lo que permite un rápido enfriamiento por vacío. Se puede enfriar una amplia gama de flores con enfriamiento por vacío, pero su enfriador por vacío necesitará ejecutar un programa de enfriamiento programado para alcanzar resultados óptimos. El enfriador por vacío perfecto para flores está diseñado para enfriar paletas con un promedio de 400 a 500 kg de flores en 20-30 minutos, hasta 1… 3 ^{o}C. La configuración de los parámetros dependerá del tipo de flor, el método de empaque y el tiempo de enfriamiento. Como proveedor especializado y con el mayor número de enfriadores por vacío suministrados a la industria de las flores, Weber Cooling tiene todo el conocimiento en casa para proveer los mejores sistemas. Si bien la investigación que documenta el uso del preenfriamiento por vacío para cultivos de flores se remonta a la década de 1950, pocos de estos sistemas se han utilizado comercialmente. Sin embargo, en los últimos años, se han instalado

enfriadores por vacío en las terminales de comercialización de flores (principalmente cerca de los aeropuertos) pero también cada vez más en las fincas como un medio para remover rápidamente el calor de las flores empacadas.

8.1 Enfriadores por Vacío en las fincas

En las fincas, el enfriamiento por vacío es el "inicio perfecto" de la cadena de frío. El enfriamiento previo a 5-7°C es perfecto después de la cosecha y antes de procesar las flores o después de su hidratación. La respiración y la transpiración se reducen de 4 a 6 veces. El enfriamiento por vacío también se puede usar antes del envío, bajando la temperatura de la flor a 1-2°C, asegurando que las flores puedan comenzar su viaje durmiendo tranquilamente, mientras que apenas generan calor, apenas respiran. Preservando así su energía. El enfriamiento a temperaturas muy bajas se vuelve vital cuando se envían flores por vía marítima.Las fincas más pequeñas pueden trabajar con enfriadores por vacío más pequeños; con un sistema de un pallet o estiba, se pueden alcanzar ciclos de enfriamiento muy rápidos de 12 a 15 minutos.

Con **Weber Compact ONE**, se pueden enfriar hasta tres o cuatro cargas por hora, o hasta **32 pallets en un día laboral de ocho horas!** Con el **Weber Compact TWO** se pueden lograr ciclos de aproximadamente 15 minutos. Incluyendo la logística, ofrece la posibilidad de enfriar hasta tres cargas por hora, o **hasta 48 pallets en un día**! Los modelos Weber Base Gen & Next Gen ofrecen soluciones estandarizadas para tres hasta diez pallets estándar o carros de flores (1.000 x 1.200 mm). Es fácil lograr una capacidad de **más de 200 pallets por turno de ocho horas**. Estos sistemas están disponibles con puertas corredizas eléctricas o levadizas hidráulicas.

8.2 Enfriamiento por Vacío en hubs logísticos & Empresas exportadoras

Incluso si las flores se envían en perfectas condiciones, aún se calentarán cuando se envíen a destinos lejanos. Enfriar al núcleo a la llegada - **en el aeropuerto o centro logístico** - es un paso importante en el proceso de manejo de la cadena de frío. La única forma eficiente y verdaderamente efectiva de enfriamiento es por vacío, ya que ninguna otra tecnología puede enfriar envíos (consolidados) tan rápido. Para capacidades superiores, Weber Cooling ofrece la gama Weber AIR adecuada para enfriar pallets de avión estándar. Los sistemas están diseñados para enfriar pallets de avión sencillos o dobles por cámara sencilla o cámara doble. Se pueden fabricar soluciones para cada necesidad.

8.1 Algunos de nuestros clientes y videos de algunos de nuestros sistemas instalados en fincas, empresas exportadoras y centros logísticos a nivel mundial.

https://vimeo.com/showcase/6810111

UHURU · EST. 1985 PLAZOLETA HOMEGROWN QUALITY FLOWERS · IBH EXPORT · HOLEX A world of flowers · EBF CARGO

WEBER COOLING