



Albaricoques.

COMBINACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ELIMINACIÓN DE ETILENO PARA ALARGAR LA CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DE FRUTOS CLIMATÉRICOS

Se evalúa el efecto de un método patentado de eliminación de etileno con el uso de filtros y máquinas sobre melocotón, tomate, albaricoque o pera

Ramiro Alonso Salinas. Doctorando en la rama de Ciencias de la Salud en la Universidad Católica de Murcia e investigador en el grupo de investigación Reconocimiento y Encapsulación Molecular (REM). ralonso4@alu.ucam.edu

José Ramón Acosta-Motos. Profesor externo de la Universidad Católica de Murcia e investigador postdoctoral de la Cátedra UCAM-Santander Emprendimiento en el Ámbito Agroalimentario. jracosta@ucam.edu

Juan José Caravaca Hernández. CEO de la empresa "KEEPCOOL". juanjo.caravaca@keep-cool.es

Santiago López-Miranda González. Profesor de la Universidad Católica de Murcia e investigador en el grupo de investigación Reconocimiento y Encapsulación Molecular (REM). slmiranda@ucam.edu

INTRODUCCIÓN

Actualmente una de las mayores preocupaciones para productores y distribuidores de frutas y hortalizas es la conservación durante más tiempo de sus productos manteniendo la calidad original de los mismos. A este problema responde el desarrollo

de métodos de eliminación de etileno. El etileno es una hormona gaseosa producida de forma natural por las frutas, y hortalizas, especialmente por las de tipo climatérico (aquellos productos que siguen madurando una vez han sido recolectados). Esta hormona provoca la maduración y senescencia de los productos. Si conseguimos eliminarla de forma

eficiente minimizaremos los posibles efectos adversos del proceso de maduración.

Existen numerosos métodos para la eliminación de esta fitohormona, invasivos y no invasivos. Haiying Wei y colaboradores llevaron a cabo una clasificación de los métodos no invasivos en su revisión del presente año 2021¹. En ella destaca la oxidación por medio de paladio y de permanganato de potasio (KMnO_4) como los métodos más eficaces. Cabe señalar que el empleo de paladio es notablemente más caro que el permanganato de potasio debido a su escasez. También menciona el empleo del dióxido de titanio (TiO_2) y de radiación UV como métodos de eficacia media para la eliminación de etileno.

“El sistema máquina-filtro de KEEPCOOL combina dos formas de eliminar etileno”

Por lo tanto, en términos de rentabilidad, el empleo de KMnO_4 es el procedimiento más adecuado. Este método se basa en una reacción de oxidación-reducción siendo el KMnO_4 el agente oxidante que promueve la rápida disociación del etileno en dióxido de carbono (CO_2), dióxido de manganeso (MnO_2) e hidróxido de potasio (KOH). Este proceso es activado por el etileno liberado en los frutos como resultado de su metabolismo natural. El KMnO_4 experimenta un viraje de color de violeta a marrón oscuro cuando se satura confirmando la eliminación de etileno. Para apoyar este proceso, esta molécula hiperoxidante se introduce en materiales porosos con alto poder de adsorción como la zeolita, la sepiolita, la vermiculita, la alúmina o el carbón activado.

En este contexto se desarrolla la tesis doctoral de carácter industrial llevada a cabo entre la Universidad Católica de Murcia (UCAM) y la empresa KEEPCOOL. El objetivo del doctorando Ramiro Alonso Salinas y sus directores Santiago López-Miranda González y José Ramón Acosta Motos es investigar y evaluar el efecto del método de eliminación de etileno ideado por Juan José Caravaca Hernández (CEO de KEEPCOOL) con el uso de filtros y máquinas (Nº de patente: 2548787 de 2016) a diferentes condiciones sobre productos

típicos de la Región de Murcia como son el melocotón, el tomate, el albaricoque o la pera.

El sistema máquina-filtro diseñado por los integrantes de KEEPCOOL se basa en la combinación de dos formas diferentes de eliminar el etileno por oxidación:

1) por medio de radiación con luz ultravioleta (UV) de 254 nm emitida desde la máquina y 2) por medio de permanganato de potasio en una base de sepiolita dispuesto en el interior de un sachet. Estos filtros o sachets se colocan dentro de las máquinas que a su vez activan, un sistema de ventilación que fuerza el paso del etileno hacia el interior de la máquina asegurando casi una completa eliminación del etileno por medio de los filtros y del haz de luz UV. Además, la radiación ultravioleta tiene un efecto germicida sobre posibles esporas desarrolladas en los ambientes de conservación y transportadas por el aire. En la figura 1 se muestra un esquema del interior del sistema.

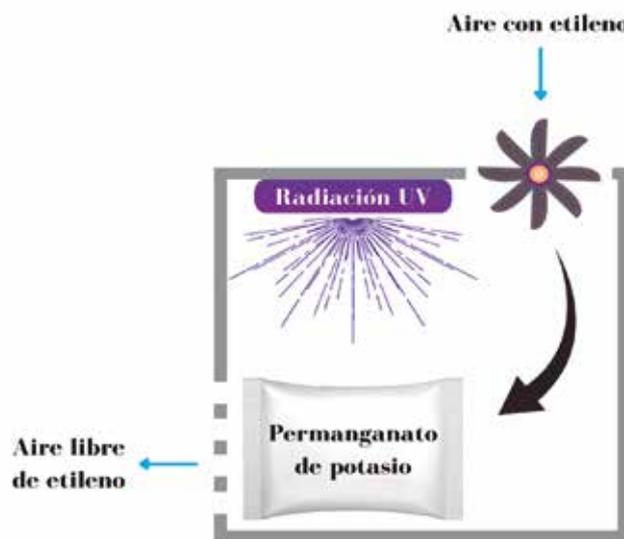


Figura 1. Esquema del sistema interno de la máquina-filtro empleado.

MÉTODOS

El diseño varió sensiblemente para cada uno de los frutos que se emplearon. En los primeros estudios se buscó una comparación entre el efecto de la eliminación de etileno y la ausencia del mismo a dos temperaturas (temperatura óptima de conservación y temperatura ambiente). Posteriormente se hicieron pruebas comparando el efecto aislado del permanganato de potasio en sachets por un lado y del conjunto de permanganato de potasio y radiación



Papas.

UV por otro a las temperaturas de conservación anteriormente mencionadas.

“Usa permanganato de potasio en una base de sepiolita en el interior de un sachet”

Para llevar a cabo los experimentos se emplearon seis cámaras de conservación de 150L en las que se disponía la misma cantidad de frutos elegidos aleatoriamente. Cabe señalar que los proveedores nos suministraron frutos lo más similares posibles en cuanto a color, tamaño y peso. En la figura 2 se muestran las máquinas de KEEP COOL (M-CAM 50) empleadas, adecuadas para el espacio de conservación de las cámaras y un ejemplo de sachet o filtro.

Se realizaron diversos análisis para evaluar el efecto de la eliminación de etileno sobre el nivel de madurez y de calidad de los frutos en diferentes días de conservación. Entre otros análisis se realizaron medidas de concentración de etileno y CO_2 , control de peso, firmeza, color, pH, grados Brix, ácido ascórbico, capacidad antioxidante y análisis sensorial con panel de expertos.

RESULTADOS

Hasta ahora se han hecho ensayos con melocotón, tomate, albaricoque y pera. Los resultados en cada una de las frutas fueron parecidos. Algunos de los efectos más llamativos, clasificados mediante determinados parámetros analizados, son los siguientes:

Peso

Este parámetro varía dependiendo de la tasa de

producción de etileno y la consecuente tasa de respiración de cada fruto², por ello fue más acusada en el melocotón donde se observaron mayores tasas de producción de etileno, CO₂ y menores niveles de oxígeno.

En el melocotón (a 3°C de temperatura) se observó que mientras el tratamiento control (sin eliminación de etileno) presentaba pérdidas cercanas al 55% pasados 25 días, las muestras tratadas con eliminación de etileno apenas perdían el 30% de su peso en esos 25 días de conservación. Este efecto también se comprobó en el resto de frutas tratadas con eliminación de etileno, viendo en tomate (8°C durante 24 días) una disminución de pérdidas de peso del 13%, en albaricoque (3°C durante 25 días) del 10% y en pera (2°C durante 28 días) del 5%.

“También emplea radiación ultravioleta, que tiene un efecto germicida”

Firmeza

Este parámetro está relacionado con la pérdida de peso de los frutos, vinculada a su vez con la tasa de respiración. También, la presencia de etileno afecta directamente a la firmeza del fruto al desencadenar la hidrólisis de la pared celular, lo que conduce al ablandamiento de la fruta^{3,4}. Además, la expresión de genes relacionados con la enzima poligalacturonasa está asociada a la producción de etileno. La acción de esta enzima se considera clave en el ablandamiento de la fruta en general y de la fruta de hueso en particular, aumentando su actividad en aquellos tratamientos en los que la exposición al etileno es mayor⁵. Por tanto, la firmeza es uno de los parámetros más afectados por altas concentraciones de etileno.

Los resultados observados en este parámetro mostraron la importancia del empleo de eliminadores de etileno y su efecto en la evolución postcosecha de la firmeza. En melocotón, el empleo de eliminadores de etileno supuso que los frutos tratados tuvieran una firmeza un 50% superior a los no tratados, en albaricoque un 45%, en pera un 23% y en tomate un 20%,

Vitamina C

El parámetro del contenido en vitamina C o ácido ascórbico nos sirve para saber el estado interno de los frutos. En la maduración se produce una degradación interna del fruto, la vitamina C es una de las principales líneas de defensa para la neutralización de radicales libres⁶.

Los resultados mostraron que, al frenar los procesos de maduración mediante la eliminación de etileno, se produce una conservación de las propiedades internas de los frutos, en este caso de la vitamina C.

En melocotón se observó, a día final de experimento, que las muestras tratadas con eliminación de etileno tuvieron un 50% más de vitamina C que las no tratadas, un 30% más en tomate, un 35% más en albaricoque y un 40% más en pera.

Índice de madurez

El índice de madurez es un parámetro que depende de la acidez total y del contenido de azúcares (grados brix). Durante la maduración postcosecha de frutas climatéricas, los azúcares desplazan a los ácidos mediante ciertos procesos metabólicos, aumentando los grados Brix, disminuyendo el contenido total de ácidos y dando a la fruta el sabor dulce característico de la fruta madura. Por lo tanto, el índice de madurez es un indicador clave del estado de la fruta.

En los experimentos realizados se observaron grandes diferencias entre los tratamientos tratados con y sin eliminadores de etileno. En melocotón se registraron diferencias del 15%, teniendo un dato mayor (más maduros) los frutos sin el tratamiento de eliminación de etileno. En tomate las diferencias fueron del 54%, en albaricoque del 48% y en pera del 45%.

“El diseño varió sensiblemente para cada uno de los frutos que se emplearon”

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

Peso

El peso depende en gran medida de la pérdida de agua por respiración, este proceso a su vez se ve potenciado

por la presencia de grandes concentraciones de etileno. La pérdida de peso afecta a otros parámetros de calidad de gran importancia como la firmeza o el tamaño. Además, el peso es uno de los parámetros más importantes para los agricultores o comercializadores de frutas. Pensemos que los productos se venden por peso, cuanto más tiempo y mejor conservemos el peso de los frutos, mayores serán los beneficios económicos.

La reducción en las pérdidas de peso fue determinante en los experimentos realizados viéndose altamente afectada por la presencia de eliminadores de etileno.

Estos, al reducir la tasa de respiración redujeron la pérdida de agua y por tanto de peso.

A modo de conclusión, la eliminación de etileno supuso una reducción de la pérdida de peso entre el 5% y el 25% en los frutos en los que se llevó a cabo la investigación, revelándose como un aspecto crucial a tener en cuenta en toda conservación de frutas y hortalizas.

“Los resultados en cada una de las frutas fueron parecidos”

Firmeza

La firmeza es un parámetro que puede llegar a ser determinante para el cliente ya que suele basar su elección en la firmeza del fruto. Además, una baja firmeza puede estar relacionado con heridas superficiales.

Los datos obtenidos revelaron que los frutos con tasas de respiración mayores (albaricoque y melocotón) fueron los más afectados en cuanto a este parámetro.

La importancia de una eficaz eliminación de etileno fue clave para la conservación de la firmeza en los frutos tratados, por ello recomendamos encarecidamente su uso en la conservación de frutas y verduras.

Contenido en ácido ascórbico

Es de sobra conocido las propiedades beneficiosas que tiene la vitamina C como antioxidante, debido

a esto es clave su conservación en los productos que consumimos diariamente. En el conjunto de experimentos realizados hemos observado la pérdida de esta molécula, sobre todo si no se aplicaban eliminadores de etileno y a medida que avanzaba la duración del ensayo.

En los procesos de maduración, las frutas generan cierta cantidad de compuestos oxidantes que son neutralizados mediante el empleo de vitamina C como antioxidante⁶. En los frutos tratados con eliminadores de etileno los procesos de degradación de vitamina C se vieron frenados manteniendo en gran medida la cantidad inicial de la molécula en cuestión.

Esto aseguraría que los productos que consumimos mantienen las cualidades originales en cuanto a los niveles de vitamina C, con las mejoras de salud que ello conlleva.

Índice de madurez

El índice de madurez muestra en qué estado del proceso de maduración se encuentran los frutos. Este parámetro se vio muy influenciado por el empleo de eliminadores de etileno en todos los experimentos realizados, evidenciando un retraso notable en la maduración de las frutas y hortalizas.

“En los frutos tratados se frenaron los procesos de degradación de vitamina C”

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por Nuevas Tecnologías Agroalimentarias y la Cátedra Emprendimiento en el Ámbito Agroalimentario de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM) y el Banco Santander a través del proyecto CFE/KE/76-19.

Los autores quieren agradecer su continuo apoyo a la investigación realizada a Antonio Cerdá Cerdá (Director de la Cátedra) y a Estrella Nuñez Delicado (Vicerrectora de Investigación de la UCAM), y a FECOAM (Federación de Cooperativas Agrarias de Murcia) especialmente a Antonio Sanz y Lola Mondéjar por suministrar todos los alimentos con los que se ha investigado. ■



Figura 2. Máquinas KEEPCOOL M-CAM 50 y sachet empleados.

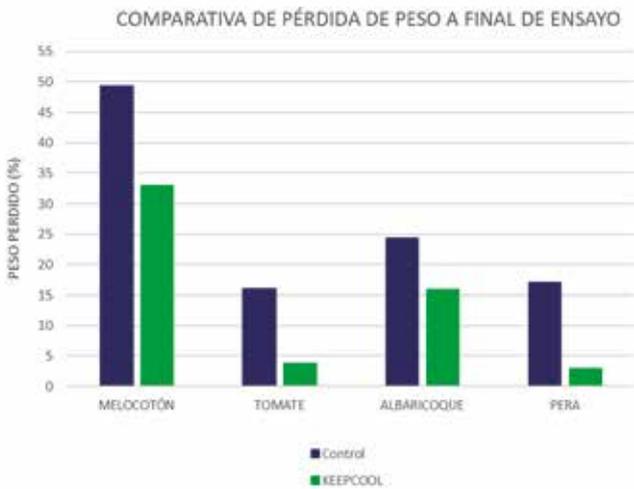


Figura 3. Comparativa de la pérdida de peso de los productos a día final de ensayo expresado en porcentaje; día 24 para melocotón, día 25 para tomate y albaricoque y día 28 para pera.

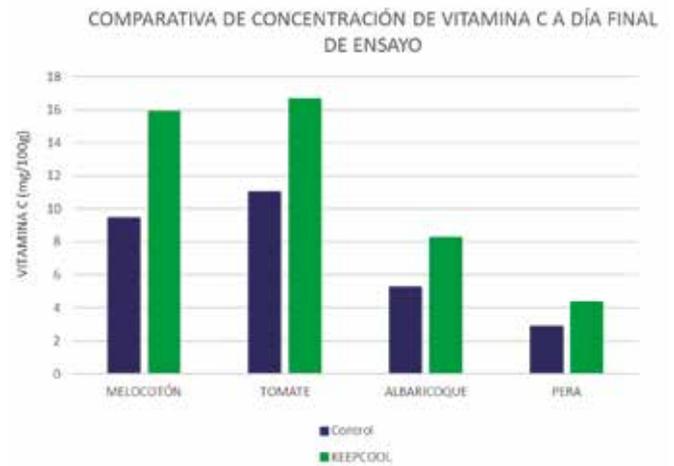


Figura 4. Comparativa de la firmeza de los productos en el día final de ensayo; día 24 para melocotón, día 25 para tomate y albaricoque y día 28 para pera.



Figura 5. Comparativa de la concentración de vitamina C de los productos a día final de ensayo; día 24 para melocotón, día 25 para tomate y albaricoque y día 28 para pera.

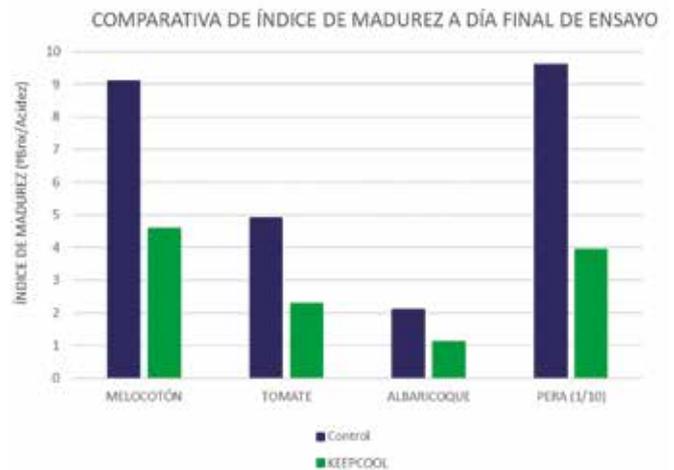


Figura 6. Comparativa del índice de madurez (calculado como producto de la división de los grados Brix entre la acidez total expresada en porcentaje) de los productos a día final de ensayo; día 24 para melocotón, día 25 para tomate y albaricoque y día 28 para pera.

REFERENCIAS

1. Wei H, Seidi F, Zhang T, Jin Y, Xiao H. Ethylene scavengers for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Food Chem.* 2021;337:127750. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127750
2. Álvarez-Hernández MH, Martínez-Hernández GB, Avalos-Belmontes F, Miranda-Molina FD, Artés-Hernández F. Postharvest quality retention of apricots by using a novel sepiolite-loaded potassium permanganate ethylene scavenger. *Postharvest Biol Technol.* 2020;160:111061. doi:10.1016/j.postharvbio.2019.111061
3. Zhou H-W, Dong L i., Ben-Arie R, Lurie S. The role of ethylene in the prevention of chilling injury in nectarines. *J Plant Physiol.* 2001;158(1):55-61. doi:https://doi.org/10.1078/0176-1617-00126
4. Fan X, Shu C, Zhao K, Wang X, Cao J, Jiang W. Regulation of apricot ripening and softening process during shelf life by post-storage treatments of exogenous ethylene and 1-methylcyclopropene. *Sci Hortic (Amsterdam).* 2018;232:63-70. doi:https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.061
5. Palou L, Crisosto CH, Garner D, Basinal LM. Effect of continuous exposure to exogenous ethylene during cold storage on postharvest decay development and quality attributes of stone fruits and table grapes. *Postharvest Biol Technol.* 2003;27(3):243-254. doi:https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00112-6
6. Clydesdale FM, Ho CT, Lee CY, Mondy NI, Shewfelt RL. The effects of postharvest treatment and chemical interactions on the bioavailability of ascorbic acid, thiamin, vitamin A, carotenoids, and minerals. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 1991;30(6):599-638. doi:10.1080/10408399109527558

