

# Eje 2

---

## **Innovación tecnológica y gestión sostenible**



# Capítulo 2.1

---

## **Afectaciones ambientales de *berries* en Jalisco: Preservación isocórica aplicada a zarzamoras**

*Angulo Sherman Abril Adriana*<sup>1</sup>  
*Serafín Garcia Blanca Rocío*<sup>2</sup>  
*Monteros Curiel Espicio*<sup>3</sup>

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20259549>



---

<sup>1</sup> Profesora-Investigadora del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. e-mail: abril.angulo@academicos.udg.mx

<sup>2</sup> Estudiante del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. e-mail: blanca.serafin4237@alumnos.udg.mx

<sup>3</sup> Profesor-Investigador del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. e-mail: espicio.monteros@academicos.udg.mx

## 1. Introducción

Los frutos del bosque, mejor conocidos como *berries*, se refieren a alimentos como la fresa, zarzamora y frambuesa, por mencionar algunos. Su consumo era común en regiones como el norte de América o Europa; sin embargo, en las últimas décadas, su consumo se ha extendido a otros lugares del mundo y se ha generado en consecuencia una gran demanda de estos productos. Lo último contribuye a que estos cultivos adquieran un gran potencial agrícola, por su alta rentabilidad y que típicamente presentan un retorno de inversión rápido (Lagunes-Fortiz et al., 2020). El estado de Jalisco (México) es uno de los que tienen una mayor aportación al PIB agrícola nacional, destacándose como uno de los principales productores de *berries* a nivel nacional. En las últimas décadas se ha observado un incremento significativo en la producción de estos cultivos en Jalisco (Lagunes-Fortiz et al., 2020; Macías Macías y Sevilla García, 2021; Rojas Ramírez, 2025).

En general, la demanda de alimentos a nivel global ha incrementado en los últimos años, como consecuencia del incremento continuo de la población (FAO, 2012; Rios y Kaltschmitt, 2013). El acceso a estos productos puede resultar complejo y poco equitativo; no solo por las dificultades asociadas a su producción, también se pueden presentar problemas asociados con su almacenamiento y traslado hasta que llegan al consumidor final (FAO, 2012). Los procesos de preservación en frío son una alternativa que incluye una gran variedad de metodologías, todas con la finalidad de inhibir el proceso de descomposición natural de los alimentos a través de la reducción en la temperatura (Energy, 2012). La elección del tipo de preservación en frío depende de las características del producto, sin dejar de lado el consumo energético asociado al tipo de preservación (Angulo-Sherman et al., 2025).

Una alternativa novedosa entre los procesos de preservación a bajas temperaturas es la preservación isocórica, la cual se encuentra en desa-

rollo y ha comenzado a estudiarse para diferentes alimentos en años recientes. La preservación isocórica se ha aplicado de forma exitosa en diferentes productos, contribuyendo con la peculiaridad de que las presiones que se alcanzan en las muestras, dependiendo de la temperatura, pueden proveer condiciones de inocuidad de manera indirecta al producto (Chavez-Quesada y Acosta-Montoya, 2023; Dhanya et al., 2023; Angulo-Sherman et al., 2025).

En este trabajo se propone la preservación isocórica como una alternativa para la preservación de *berries*, utilizando a la zarzamora (*Rubus fruticosus*) como objeto de estudio. Varias muestras de zarzamoras se sometieron a condiciones isocóricas de almacenamiento y posteriormente fueron evaluadas a partir de su pérdida de masa (deshidratación), color, aroma y textura. Los resultados obtenidos permiten proponer el alcance y en qué condiciones la preservación isocórica sería aplicable a las zarzamoras.

## **El boom de los *berries* en Jalisco**

El estado de Jalisco (México) figura como un productor de *berries* a nivel nacional desde 1990; sin embargo, en las últimas dos décadas, la producción de este tipo de alimentos se ha potencializado. Lo anterior es a causa de diversos factores, desde aspectos migratorios, la adopción de nuevas prácticas de consumo nutrimental consideradas saludables y la alta rentabilidad que los productos representan, impulsados por la demanda global (Rojas Ramírez, 2025). Particularmente en 2007, el Programa de Desarrollo de la Industria de Berries en el estado de Jalisco se impulsó con la intención de convertir a la región sur del estado en una gran exportadora de *berries*, entre las que se encuentran el arándano, frambuesa, fresa, zarzamora, entre otros (Macías Macías y Sevilla García, 2021).

La producción de *berries* ha representado, después del 2011, un 6 % de la producción de alimentos a nivel estatal y una producción agrícola regional del 13.4 % en 2018, que típicamente se encuentra destinada a la exportación y, por lo tanto, es indispensable que los productos cumplan diferentes condiciones que corresponden a los cultivos protegidos. En general, el conocido boom de los *berries* en Jalisco ha requerido de grandes esfuerzos por parte del gobierno y alianzas con diferentes mul-

tinacionales que se dedican a la comercialización de estos productos. Durante este tiempo se ha vuelto evidente que su producción, a pesar de ser protegida y seguir regulaciones estrictas para su producción y comercialización a nivel internacional, acarrea consigo efectos adversos en las regiones de producción, lo anterior asociado con la alta demanda de agua e insumos, resultando en impactos ambientales negativos, acompañado con fenómenos de migración y prácticas de consumo que acentúan la desigualdad social (Macías Macías y Sevilla García, 2021; Rojas Ramírez, 2025).

Al considerar lo anterior, se vuelve evidente que el proceso de producción de los *berries* ha tomado una relevancia significativa en la economía del estado, y que incluso es visto con buenos ojos no solo por parte de diferentes autoridades y dependencias (La voz del campo, 2023), pero no puede considerarse sustentable. Se realizan esfuerzos a partir de las prácticas que promueven las empresas compradoras de *berries*, pero un compromiso mayor que aborde los impactos negativos, sin limitarse solo al proceso de cultivo, es necesario para mejorar la eficiencia con la que se aprovechan los productos. Lo anterior puede extenderse a los procesos de almacenamiento, pudiendo aprovechar productos que son descartados como merma por aspectos como apariencia, pero que pueden tener potencial en su comercialización a través de otros productos.

### **La merma en la industria de berries**

La merma en los cultivos puede tener diferentes causas identificadas y que se pueden asociar a las diferentes actividades postcosecha por las que pasa un producto hasta llegar al consumidor (Grolleaud, 2001; Herrera Cebreros et al., 2022; Tecnoagro, 2023). Se estima que entre el 40 % y el 50 % de las pérdidas de alimentos corresponden a frutas y hortalizas; estas pérdidas suceden entre las etapas de producción (20 %), manejo o almacenamiento postcosecha (3 %), envasado (1 %), distribución (12 %) y consumo (28 %) (Herrera Cebreros et al., 2022). En particular, al referirse al almacenamiento, se sugiere que este debe ser duradero y eficaz, con buenas instalaciones y condiciones de higiene y vigilancia, destacando aspectos como el control de temperatura y humedad. Además, se debe

considerar que el daño también puede ser causado por microorganismos; lo anterior también puede llegar a suceder durante el procesamiento y traslado (Grolleaud, 2001).

Los daños postcosecha y pérdidas alimentarias se asocian con tipos de pérdidas como el contenido de agua o las que se conocen como pérdidas de calidad, relacionadas con el aspecto exterior, la forma, el tamaño, el olor y el sabor, cuando los productos presentan una calidad disminuida que desincentiva al consumidor (Grolleaud 2001; Tecnoagro 2023).

En algunos *berries*, como el arándano, se ha identificado qué aspectos específicos se asocian con la pérdida de calidad en el producto. Entre las causas más frecuentes se identifican la pérdida de firmeza, deshidratación, desarrollo de mohos y enfermedades, deterioro por etileno, daños mecánicos y problemas en la cadena de frío (Deltsidis et al., 2024; Portalfruticola, 2025). Criterios similares a los que se han mencionado para cultivos y, en particular, para los arándanos, pueden hacerse extensivos a otros *berries* como la zarzamora.

La zarzamora es un cultivo que puede llegar a tener pérdidas de hasta 25 % de su producción (Fernández Pavía et al., 2012; Ruvalcaba-Cázares et al., 2024). Se ha identificado que un aspecto que puede ayudar a reducir las pérdidas de los cultivos de zarzamora se relaciona con los procesos de preservación en frío que se utilizan una vez recolectado el fruto (Yahia, 2017).

Las opciones que existen para la preservación en frío de alimentos son muy variadas. La preservación isocórica es un proceso que se analiza actualmente en diferentes tipos de alimentos; sus alcances y aplicaciones aún se exploran, pero preliminarmente se ha observado que es posible lograr una mejor conservación de alimentos, porque restringe los procesos de degradación al mantener a los productos en temperaturas por debajo de los 0 °C, mientras que inhibe la formación de cristales de hielo asociados al daño de alimentos (Wan et al., 2018; Powell-Palm y Rubinsky, 2019; Chavez-Quesada y Acosta-Montoya, 2023; Dhanya et al., 2023; Angulo-Sherman et al., 2025).

La preservación isocórica permite mejorar las condiciones de inocuidad, al inhibir el desarrollo de algunos microorganismos, en comparación con otros métodos (Chavez Quesada y Acosta Montoya, 2023; Dhanya

et al., 2023; Salinas Almaguer et al., 2015; Powell Palm et al., 2018; Angulo Sherman et al., 2025). Debido a que se trata de un método novedoso, aún se realizan experimentos de forma independiente para valorar su aplicación en diferentes alimentos. Determinar su potencial para la preservación de zarzamoras debe hacerse a través de la experimentación y el efecto sobre variables de calidad, como la deshidratación, el color, la firmeza y el aroma; en comparación con otros métodos de preservación en bajas temperaturas, ayudaría a identificar su potencial.

## 2. Metodología

Para este trabajo se adquirieron zarzamoras a través de un productor local que comercializa sus productos en mercados de Santa Anita, Tlajomulco de Zúñiga; lo anterior procurando que se pudiera garantizar que las muestras no habían sido almacenadas previamente en condiciones de congelamiento. La manipulación de las muestras después de su adquisición se realizó siguiendo una metodología dividida en cinco pasos que se detallan a continuación.

1. *Preparación de la muestra:* Las muestras se lavaron con agua purificada, posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente y finalmente se cortaron para adaptarse al tamaño del contenedor en el que se almacenarán bajo cinco diferentes condiciones de temperatura e hidratación durante el almacenamiento.
2. *Medición de variables previas al almacenamiento:* Se tomaron las cinco muestras de zarzamora, una vez teniendo el tamaño apropiado, y se realizaron mediciones de las propiedades de aroma, firmeza, masa y color, previas al almacenamiento, que se utilizarán como referencia para identificar los cambios debido a las condiciones específicas de cada proceso de almacenamiento. Las propiedades se dividieron en función del método de medición como cualitativas; aroma y firmeza, y cuantitativas; masa y color.
3. *Almacenamiento de la muestra:* Tras hacer las mediciones de las propiedades iniciales de las muestras, se colocaron las mismas en diferentes contenedores, de manera que pudieran experimentar cinco condiciones diferentes de almacenamiento, que se clasificaron como

Exterior, Refrigeración, Congelación, Isobárico e Isocórico. Tres de las muestras fueron colocadas en tres cajas de petri respectivamente, la primera corresponde a la condición de Exterior y se utilizó como control, se colocó en una mesa en el laboratorio de manera que permaneciera a temperatura ambiente (27 °C). La segunda muestra se colocó al interior de un refrigerador comercial a 4 °C; lo que corresponde a la condición de Refrigeración. La tercera muestra, correspondiente al almacenamiento en Congelación, se almacenó al interior del congelador del refrigerador comercial a -14 °C.

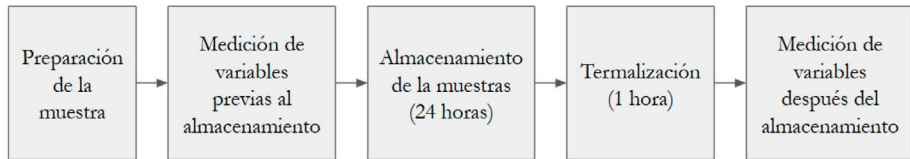
Las dos muestras restantes se almacenaron cada una en un contenedor de acero inoxidable de grado alimenticio que tiene el grosor suficiente para tolerar las altas presiones asociadas a la cristalización del agua durante un proceso isocórico. En uno de los contenedores se completó el volumen de su capacidad con agua de grado biológico al 90 % de su capacidad; esto sería el almacenamiento isobárico, que permite la formación de cristales de hielo alrededor de la muestra. En el segundo contenedor metálico, se completó el volumen con agua de grado biológico al 100 % de su capacidad; propiciando condiciones isocóricas en las que se inhibe la formación de hielo alrededor de la muestra. Ambos contenedores metálicos se resguardaron en el congelador del refrigerador comercial a -14 °C.

Las cinco muestras se almacenaron en las condiciones previamente descritas durante un periodo de 24 horas.

4. *Termalización*: Una vez concluido el periodo de almacenamiento todas las muestras se retiraron del refrigerador y congelador, dejándolas termalizar a temperatura ambiente a lo largo de una hora.
5. *Medición de variables después del almacenamiento*: Tras el periodo de termalización, todos los contenedores se abrieron y se procedió a medir nuevamente las propiedades cuantitativas (masa y color) y cualitativas (aroma y firmeza) de cada muestra. El procedimiento se encuentra ejemplificado en el diagrama de flujo de la Figura 1.

**Figura 1.**

Diagrama de flujo que describe la metodología de preparación y almacenamiento de las muestras, así como las mediciones realizadas antes y después del periodo de almacenamiento



Cada una de las condiciones de almacenamiento, siguiendo la metodología de la Figura 1, se realizó por triplicado y el experimento se repitió en cinco ocasiones diferentes. Los resultados obtenidos para las variables cualitativas y cuantitativas se utilizaron para calcular valores promedio de cada parámetro. En el caso de las mediciones cuantitativas, masa y color, se estimaron los errores correspondientes a partir de la propagación de error de acuerdo con los resultados. A continuación se detalla el procedimiento para la obtención de las variables cuantitativas.

La masa se determinó pesando cada una de las muestras; el peso inicial ( $m_0$ ) se comparó con el peso de la muestra después del almacenamiento ( $m_f$ ). La diferencia en la masa se calculó de acuerdo a la ecuación 1. Esta diferencia de masa corresponde a la deshidratación de la muestra debido a las condiciones de almacenamiento.

$$\Delta m = m_0 - m_f \quad (1)$$

El análisis del color de la muestra se realizó utilizando un colorímetro Hang Zhou CS-10. El dispositivo mide los parámetros de cromaticidad espacial a través de las variables de luminosidad ( $L$ ), coordenadas relativas al color  $a^*$  (rojo/verde) y  $b^*$  (amarillo/azul). El cambio en la luminosidad se calculó a través de la diferencia entre el valor medido en la muestra antes del almacenamiento ( $L_0$ ) y el de la muestra después del almacenamiento ( $L_f$ ), como se muestra en la ecuación 2.

$$\Delta L = L_f - L_0 \quad (2)$$

En el caso de los parámetros de coloración  $a^*$  y  $b^*$ , el cambio se determinó al comparar el valor obtenido después del almacenamiento ( $a^*_f$  y  $b^*_f$ ) en comparación con el que tenía originalmente ( $a^*_0$  y  $b^*_0$ ); el resultado se expresó en forma porcentual, como se muestra en las ecuaciones 3 y 4.

$$a^*\% = 100 (a^*_f/a^*_0) \quad (3)$$

$$b^*\% = 100 (b^*_f/b^*_0) \quad (4)$$

Las variables cualitativas se realizaron proponiendo en ambos casos una escala del 1 al 5 para indicar el grado de firmeza y el aroma de la muestra, así como su cambio posterior al periodo de almacenamiento. La intensidad del aroma se determinó a través de una prueba ortonasal, indicando 1 cuando el aroma no es perceptible y 5 cuando el aroma es intenso. En el caso de la firmeza, se asignó el valor 1 a muestras blandas y 5 a muestras firmes. Es importante señalar que para las muestras frescas, antes del proceso de almacenamiento, se determinó un comportamiento uniforme tanto para el aroma, con un valor de 2, como para el caso de la firmeza, donde se consideró que las muestras frescas tenían una firmeza correspondiente a un valor de 5.

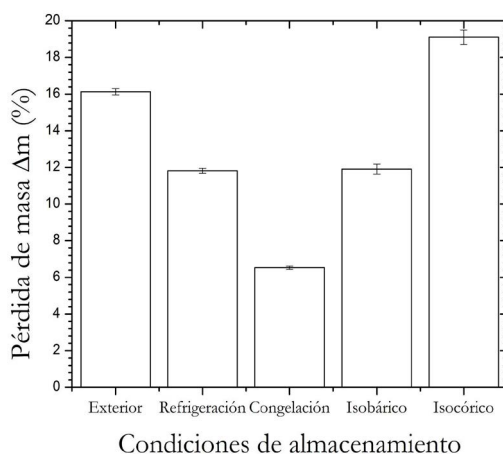
### 3. Resultados

De acuerdo con los resultados de pérdida de masa, se identificó que, independientemente de las condiciones de almacenamiento, siempre se presentaba pérdida de masa, asociada a deshidratación, como se aprecia en la Figura 2. A partir de la gráfica, es posible percatarse de que el tipo de almacenamiento tiene un efecto distintivo en la deshidratación de la muestra. Aquella que se almacena en seco en el congelador es la que presenta una menor deshidratación en comparación con el resto de las muestras, mientras que la que experimenta una mayor deshidratación es la almacenada en condiciones isocóricas. Sin embargo, es importante destacar que el almacenamiento en condiciones ambientales también presenta una deshidratación significativa. En general, los procesos de almacenamiento en condiciones de refrigeración, congelación e isobárico

logran mantener un producto con menor deshidratación, en comparación con la muestra control (exterior). La muestra de almacenamiento isocórico provoca una deshidratación superior a la muestra control, que podría asociarse con las condiciones de alta presión que se presentan al interior de estos contenedores en temperaturas menores a 0 °C.

### Figura 2

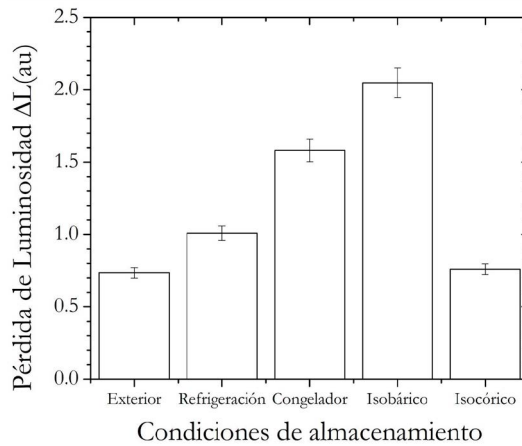
Pérdida de masa  $\Delta m(\%)$  en muestras de zarzamora, después de ser almacenadas en condiciones de: Exterior, Refrigeración, Congelación, Isobárico e Isocórico.



El caso del cambio en la luminosidad de las muestras se presenta en la gráfica de la Figura 3. De acuerdo a los resultados, se vuelve evidente que las muestras pierden luminosidad con el tiempo, incluida la muestra control (Exterior). La muestra en condiciones de preservación en frío que conserva mejor su luminosidad es la almacenada en condiciones isocóricas; el resto de las muestras presenta una degradación que parece volverse más significativa en función de que las temperaturas sean menores. En el caso particular del almacenamiento isobárico, esto podría deberse a la formación de cristales de hielo alrededor de las muestras, un evento natural en estas condiciones de almacenamiento.

**Figura 3**

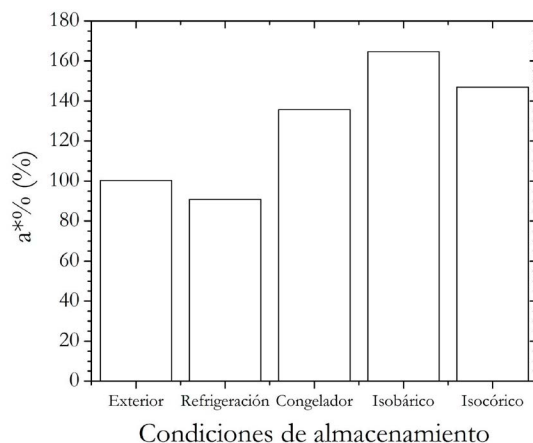
Pérdida de luminosidad  $\Delta L$ (%) en muestras de zarzamora, después de ser almacenadas en condiciones de: Exterior, Refrigeración, Congelación, Isobárico e Isocórico.



El parámetro de coloración  $a^*$  se reporta en la gráfica de la Figura 4. Los valores medidos indican un cambio en la tonalidad verde. Para la muestra que se almacenó en el exterior, se observa que conserva su tonalidad, mientras que la muestra almacenada en refrigeración presenta una pequeña pérdida en su color verde. Las muestras en congelación, isobárico e isocórico, todas en temperaturas por debajo de los  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , presentan un incremento significativo, destacando el caso isobárico, que permite la formación deliberada de cristales de hielo alrededor de la muestra.

**Figura 4.**

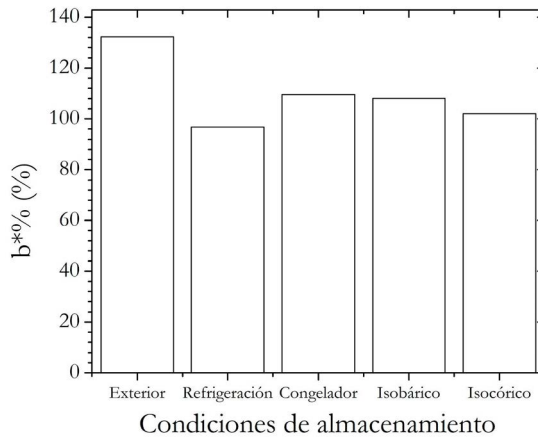
Cambio en  $a^*$ (%) en muestras de zarzamora (color verde), después de ser almacenadas en condiciones de: Exterior, Refrigeración, Congelación, Isobárico e Isocórico.



Los cambios en el parámetro  $b^*$  corresponde a cambios en la tonalidad amarilla en la muestra. Como se aprecia en los resultados de la figura 5, la muestra que experimenta un mayor incremento es la que se quedó almacenada a temperatura ambiente (33 %). La muestra que se almacena en condiciones de refrigeración presenta un decremento en la tonalidad amarilla del 5 %, mientras que las muestras almacenadas en el congelador y la isobárica presentan un incremento superior al 5 %. La muestra que permaneció en condiciones isocóricas preservó su tonalidad amarilla.

**Figura 5**

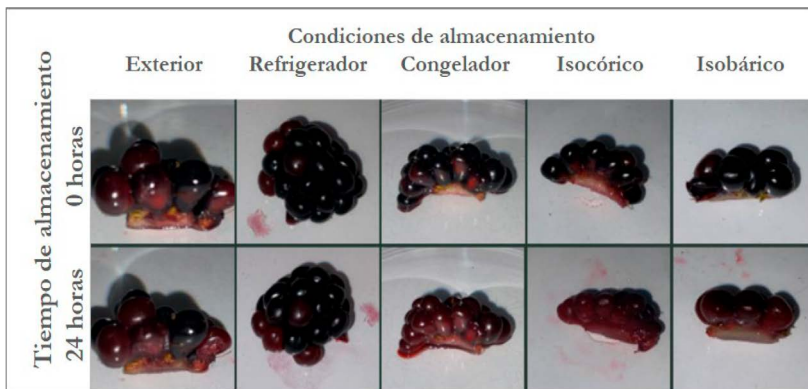
Cambio en  $b^*$ (%) en muestras de zarzamora (color amarillo), después de ser almacenadas en condiciones de: exterior, refrigeración, congelación, isobárico e isocórico.



A continuación se procederá a explicar los resultados cualitativos obtenidos. En la Figura 6 se presentan las fotografías de muestras; antes y después de ser almacenadas en las diferentes condiciones de preservación.

**Figura 6**

Muestras de zarzamora antes y después del periodo de almacenamiento en condiciones de: exterior, refrigeración, congelación, isobárico e isocórico.



En la Figura 6 es posible apreciar algunos de los cambios de tonalidades y luminosidad que se explicaron en las gráficas anteriores. También es posible identificar que las muestras almacenadas en condiciones de congelación, isobáricas e isocóricas parecen haberse reblandecido, lo que puede asociarse con la pérdida de firmeza. En la tabla 1 se presentan los resultados de los promedios de las propiedades de aroma y firmeza, que se midieron de forma cualitativa, los mismos que se expresan en las gráficas de las figuras 7 y 8.

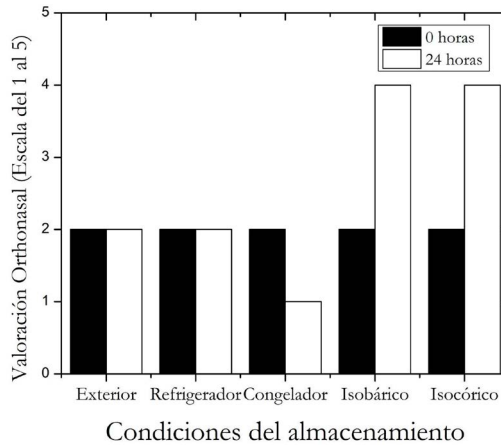
**Tabla 1**

*Resultados de los experimentos realizados para medir de manera cualitativa el cambio en los parámetros del aroma y la firmeza de las muestras de zarzamora después del periodo de almacenamiento en condiciones de: Exterior, refrigeración, congelación, isobárico e isocórico.*

Condiciones de almacenamiento	Aroma (prueba orthonasal)		Firmeza	
	0 horas	24 horas	0 horas	24 horas
Exterior	2	2	5	5
Refrigerador	2	2	5	5
Congelador	2	1	5	4
Isobárico	2	4	5	2
Isocórico	2	4	5	2

**Figura 7**

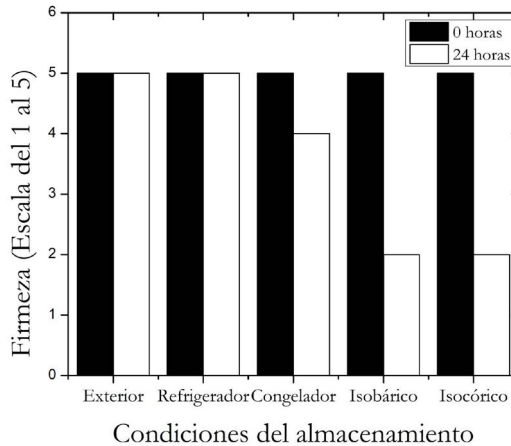
Valoración Orthonasal del aroma de las muestras de zarzamora antes y después del periodo de almacenamiento (negro 0 horas y blanco 24 horas) en condiciones de: Exterior, refrigeración, congelación, isobárico e isocórico.



De acuerdo a la valoración que se hizo a partir de la prueba orthonasal, es posible determinar que no existen cambios significativos en el aroma para las muestras en Exterior y en Refrigeración. Para el caso de la muestra en condiciones de Congelación, la muestra pierde casi completamente su fragancia. Cabe destacar que las muestras Isobárica e Isocórico, muestran un incremento significativo en la fragancia de la muestra; es importante considerar que estas muestras se almacenaron rodeadas de agua.

**Figura 8**

*Firmeza de las muestras de zarzamora antes y después del periodo de almacenamiento (negro 0 horas y blanco 24 horas) en condiciones de: Exterior, refrigeración, congelación, isobárico e isocórico.*



Por último, de la evaluación de la firmeza de las muestras, se parte de la idea de que las muestras presentan su mejor condición de firmeza cuando se encuentran frescas, asignándoles un valor de cinco, esta condición se conserva para las muestras en el exterior y en refrigeración. En el caso de las muestras almacenadas a temperaturas por debajo de 0 °C, todas presentan un deterioro en su firmeza, la que se almacena en condiciones de Congelación es la menos afectada, mientras que la Isobárica e Isocórica, presentan el mismo deterioro.

Considerando los resultados obtenidos para las pruebas cualitativa de aroma y firmeza, es importante considerar que el efecto del incremento en el aroma y la pérdida significativa de firmeza, puede estar asociado al hecho de que la muestra se encuentre rodeada de agua. El reblandecimiento de la muestra, que generalmente se asocia a la textura del alimento; así como el incremento en su fragancia, un aspecto que dependiendo de su uso puede resultar atractivo, son aspectos que deben considerarse al pensar en la aplicación que las muestras recuperadas de una preservación isocórica pudieran tener.

#### 4. Discusión

Entre las propiedades asociadas a la calidad de las zarzamoras, se destacan aquellas que se relacionan con la deshidratación del producto, fenómeno que impacta en aspectos perceptibles por los consumidores, como la luminosidad, cambio de color, aroma o firmeza. Los experimentos realizados en este trabajo brindan información sobre el efecto de diferentes condiciones de almacenamiento en frío en muestras de zarzamoras, con el propósito de identificar si las condiciones isocóricas son favorables para este producto. De acuerdo a los resultados obtenidos, se vuelve evidente que las condiciones isocóricas son superiores en comparación con los métodos convencionales, en aspectos como el color y el aroma.

En el caso de la deshidratación de las muestras, el almacenamiento isocórico promueve una pérdida de humedad similar a dejar la muestra al exterior, mientras que al congelar el fruto seco, parece disminuir la deshidratación. Lo anterior puede deberse a que las altas presiones que pueden presentarse al interior de un contenedor isocórico pueden comprometer la integridad de la muestra, facilitando la pérdida de humedad; esto como consecuencia del incremento en la presión hidrostática causada por el agua alrededor de la muestra.

El cambio de luminosidad, demuestra que las muestras que presentan un menor cambio son la muestra en condiciones ambiente de almacenamiento (Exterior) y las del almacenamiento Isocórico. Las muestras que ven más afectado este parámetro son aquellas en congelación y en condiciones isobáricas, en que la muestra se encontraba a una temperatura por debajo de los 0 °C, posiblemente como consecuencia de la formación de cristales de hielo en la muestra. La formación de cristales de hielo se encuentra identificada como una variable que afecta negativamente las propiedades de diferentes muestras de alimento (Coriell et al., 1964), afectando no solo su coloración, sino también sus propiedades organolépticas.

Los resultados asociados a las tonalidades son particularmente interesantes porque la coloración se asocia a la disponibilidad de vitaminas y antioxidantes en las muestras. El cambio en las tonalidades verdes puede asociarse al incremento de algunos carotenoides, antocianinas, flavonoides y antioxidantes; la respuesta es más significativa cuando las temperatu-

ras de almacenamiento disminuyen por debajo de los 0 °C. Lo anterior puede ser consecuencia de un proceso natural en los frutos que previene aspectos del daño por congelamiento. El almacenamiento isocórico no presenta cambio en la tonalidad amarilla y su valor permanece cercano al de la muestra almacenada en condiciones de temperatura y presión ambiente, por lo que se deduce que su calidad es similar. Es importante considerar que, a pesar de que la muestra en condiciones isocóricas se encuentra rodeada de agua, las condiciones isocóricas inhiben la formación de cristales de hielo y, por lo tanto, el daño asociado a los mismos.

Los resultados de las pruebas orthonasales de aroma, hacen evidente que en el caso de las muestras que se encontraban secas, su aroma se fue perdiendo; algo que es posible observar en muchos alimentos que se almacenan en unidades de refrigeración al paso del tiempo. Las muestras que se conservaron en agua, tuvieron la peculiaridad de volverse más fragantes, lo que describe también al líquido que quedaba en los contenedores al recuperar las muestras.

Los resultados ofrecen aspectos positivos y negativos del almacenamiento de las zarzamoras en condiciones isocóricas; entre los aspectos positivos podemos destacar el posible incremento en la presencia de vitaminas y antioxidantes, así como un aroma más fragante. Sin embargo, el reblandecimiento y pérdida de masa son aspectos que pueden ser poco atractivos para un consumidor final. Lo anterior se entiende aplicándose a la intención de consumir el producto en comparación con un producto fresco; sin embargo, los aspectos positivos pueden resultar atractivos si se consideran otro tipo de productos derivados de las zarzamoras, como lo son las mermeladas, jaleas o jugos; es posible que esto sea atractivo también para obtener productos derivados que pueden utilizarse en la industria cosmética.

Es importante destacar que los resultados reportados corresponden al uso de dispositivos de refrigeración convencionales. Existen reportes de muestras preservadas isocóricamente donde los resultados varían dependiendo de la temperatura, habiendo reportado mejores resultados de preservación cuando la muestra se encuentra en el rango de 0 °C a -10 °C, aunque los resultados que parecen abonar a los procesos de inocuidad suceden a temperaturas en el rango de -10 °C a -20 °C.

## 5. Conclusiones

El almacenamiento isocórico propicia condiciones de estrés termodinámico que puede asociarse a un incremento en biomoléculas como los carotenoides o antioxidantes, como las antocianinas y flavonoides; además, de acuerdo a la luminosidad y la tonalidad amarilla, es posible sugerir que la pérdida de calidad es mínima.

Debido a que la firmeza y el aroma se consideran como parámetros de calidad relevantes, la preservación isocórica de zarzamoras es negativa en relación a la firmeza y positiva para el aroma. Considerando lo anterior, es posible que esta preservación sea más apropiada para la preservación de estos productos orientada a la obtención de productos como jugos y mermeladas.

Estos resultados presentan una perspectiva de lo que podría esperarse de la implementación del almacenamiento isocórico en berries; sin embargo, es indispensable que este tipo de experimentos se extiendan al resto de estos productos para poder determinar si las características particulares que poseen los diferentes berries pueden ocasionar que se obtengan resultados diferentes.

## 6. Referencias

- Angulo-Sherman, A., Serafín-García, B. R. & Monteros-Curiel, E. (2025). Sustentabilidad agroalimentaria: Preservación isocórica y el trinomio agua-energía-alimentos. En M. G. González Pérez, F. Flores Vilchez, J. Águila León & E. X. M. García García (Coords.), *Sostenibilidad, sustentabilidad y medioambiente: Nuevas tendencias* (pp. 135–154). ASTRA Editorial. <https://doi.org/10.61728/AE24004282>
- Chaves-Quesada, J. & Acosta-Montoya, O. (2023). Congelación isocórica: Ventajas y oportunidades de investigación en la industria de alimentos. *Agronomía Mesoamericana*, 34(2), e52879. <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.52879>
- Coriell, L. L., Greene, A. E. & Silver, R. K. (1964). Desarrollo histórico de la congelación de células y cultivos tisulares. *Cryobiology*, 1(1), 72–79. [https://doi.org/10.1016/0011-2240\(64\)90020-3](https://doi.org/10.1016/0011-2240(64)90020-3)

- Deltsidis, A., Rubio Ames, Z. & Espinoza, N. (2024). *Cosecha y manejo postcosecha de arándanos*. University of Georgia Extension. [https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201269-SP\\_1.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201269-SP_1.PDF)
- Dhanya, R., Panoth, A. & Venkatachalapathy, N. (2023). Comprehensive review on isochoric freezing: A recent technology for preservation of food and non-food items. *Sustainable Food Technology*, 1(1), 12-25. <https://doi.org/10.1039/D3FO00012K>
- Energy, S. (2012). *Manual de eficiencia energética en la industria de alimentos elaborados*. Chile Alimentos & ACHEE. [http://www.chilealimentos.com/medios/LaAsociacion/NoticiasChilealimentos2012/MANUAL\\_DE\\_Eficiencia\\_Energetica\\_Chilealimentos.pdf](http://www.chilealimentos.com/medios/LaAsociacion/NoticiasChilealimentos2012/MANUAL_DE_Eficiencia_Energetica_Chilealimentos.pdf)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo: Alcance, causas y prevención*. <http://www.fao.org/3/a-i2697s.pdf>
- Fernández-Pavía, S. P., Rodríguez-Alvarado, G., Gómez-Dorantes, N., Gregorio-Cipriano, M. R. & Fernández-Pavía, Y. L. (2012). Enfermedades en plantas en el estado de Michoacán. *Biológicas*, 14(2), 75–84.
- Grolleaud, M. (2001). *Pérdidas postcosecha: Un concepto mal definido o mal utilizado*. FAO. <http://www.fao.org/4/ac301s/AC301s00.htm>
- Herrera Cebreros, J. M., Preciado Rodríguez, J. M. & Robles Parra, J. M. (2022). Impacto económico de las pérdidas postcosecha en los sistemas agrícolas: El sistema de uva de mesa. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 23(1), 2–17.
- La Voz del Campo. (2023, 31 de marzo). *Se incrementa producción de las berries en Jalisco*. <https://lavozdelcampo.com.mx/se-incrementa-produccion-de-las-berries-en-jalisco/>
- Lagunes-Fortiz, E. R., Lagunes Fortiz, E., Gómez-Gómez, A. A., Leos-Rodríguez, J. A. & Omaña-Silvestre, J. M. (2020). Competitividad y rentabilidad de la producción de frutillas en Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1815–1826. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2595>

- Macías Macías, A. & Sevilla García, Y. L. (2021). Naturaleza vulnerada: Cuatro décadas de agricultura industrializada de frutas y hortalizas en el sur de Jalisco, México (1980–2020). *EntreDiversidades: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 8(1), 64–91.
- Portal Frutícola. (2025, 8 de enero). *Principales problemas en la postcosecha del arándano*. <https://portalfruticola.com/noticias/2025/01/08/post-cosecha-del-arandano/>
- Powell-Palm, M. J., Preciado, J., Lyu, C. & Rubinsky, B. (2018). Viabilidad de *Escherichia coli* en un sistema isocórico a temperaturas bajo cero. *Cryobiology*, 85, 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2018.10.262>
- Powell-Palm, M. J. & Rubinsky, B. (2019). Un cambio del estado termodinámico isobárico al isocórico puede reducir el consumo de energía y aumentar la estabilidad térmica en el almacenamiento de alimentos congelados. *Journal of Food Engineering*, 251, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.02.001>
- Ríos, M. & Kaltschmitt, M. (2013). Potencial de bioenergía en México: Estado y perspectivas con alta distribución espacial. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 3, 239-254. <https://doi.org/10.1007/s13399-013-0072-4>
- Rojas Ramírez, J. J. P. (2025). Procesos de gentrificación rururbana y agroindustrialización de monocultivos en el entorno del Lago de Chapala. *Entorno Geográfico*, 29, e24814302. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i29.14302>
- Ruvalcaba-Cázares, C. P., Ponce-Hernández, A., Valdivia-Rojas, G. & Martínez-Soto, D. (2024). *La producción de la zarzamora en México y sus principales amenazas*. Avance y Perspectiva. <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/la-produccion-de-zarzamora-en-mexico-y-sus-principales-amenazas/>
- Salinas-Almaguer, S., Angulo-Sherman, A., Sierra-Valdez, F. J. & Mercado-Uribe, H. (2015). Esterilización por enfriamiento en condiciones isocóricas: El caso de *Escherichia coli*. *PLOS ONE*, 10(10), e0140882. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140882>

- TecnoAgro. (2023, 21 de enero). *Sistemas postcosecha y pérdidas de alimentos*. <https://tecnoagro.com.mx/2023/01/21/sistemas-post-cosecha-y-perdidas-de-alimentos/>
- Wan, L., Powell-Palm, M. J., Lee, C., Gupta, A., Weegman, B. P., Clemens, M. G. & Rubinsky, B. (2018). Preservación de corazones de rata a temperatura subcongelante en condiciones isocóricas hasta  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 78 MPa. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 496(3), 852-857. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2018.01.140>
- Yahia, E. (2017). *Manejo y tecnología postcosecha de berries*. Intagri S. C.