



Efecto de los ácidos ascórbico y cítrico en la estabilidad en congelación de pulpa de mango criollo

Effect of ascorbic and citric acids on the freezing stability of creole mango pulp

Luis Briceño-Berrú^{1,*}; Juan Checa-Pizarro¹; Julio Vidaurre-Ruiz¹

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Industrias Alimentarias. Departamento de Ingeniería de Alimentos y Productos Agropecuarios. Lima -12. Perú.

ORCID de los autores

L. Briceño-Berrú: <https://orcid.org/0000-0001-8180-370X>

J. Vidaurre-Ruiz: <https://orcid.org/0000-0003-0980-9474>

RESUMEN

Se evaluó el efecto de los ácidos ascórbico y cítrico, en cuatro combinaciones, sobre la estabilidad de la pulpa de mango criollo (escaldada a 100 °C por dos minutos y sin escaldar), en congelación. Las muestras tratadas con ácidos cítrico y ascórbico (escaldadas y sin escaldar), se envasaron en bolsas de polietileno, se congelaron y almacenaron a -18 °C por 90 días. El menor oscurecimiento se produjo en la pulpa con ácidos y sin escaldar; la muestra testigo (sin ácidos), escaldada y sin escaldar, presentó el mayor oscurecimiento. En todos los tratamientos se observó pérdida de ácido ascórbico, pero ésta fue menor en las muestras con escaldado y con ácido cítrico. La acidez titulable total, el pH, y los sólidos solubles, no variaron significativamente ni durante el almacenamiento ni entre los tratamientos estudiados. En conclusión, aun cuando el pardeamiento enzimático de la pulpa de mango criollo no es inhibido totalmente por la congelación ni por el escaldado (100 °C por dos minutos), la pulpa con escaldado y con mezcla de ácidos cítrico y ascórbico conserva mejor su color y sabor durante el almacenamiento en congelación.

Palabras clave: Color; Conservación; Enzimas; Pardeamiento; Polifenoloxidasas.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of ascorbic and citric acids, and blanching on the stability of Creole mango pulp, during freezing storage. We worked with scalded pulp (100 °C for two minutes) and without blanching. Both pulps were treated with citric and ascorbic acids in four combinations, packaged in polyethylene bags, frozen and stored at -18 °C for 90 days. During freezing storage, the slightest browning occurred in the acidic and not scalded pulp, followed by the acidic and scalded pulp. The control sample (acid-free pulp), scalded and not scalded, showed the greatest browning. Loss of ascorbic acid was observed in all treatments, but this was lower in the scalded and citric acid samples. Total titratable acidity, pH, and soluble solids did not vary significantly either during storage or between the treatments studied. In conclusion, even though the enzymatic browning of the Creole mango pulp is not totally inhibited by freezing or blanching (100 °C for two minutes), the pulp with pre-blanching with a mixture of chemical preservatives retains its color and flavor better during freezing storage compared to the fruit pulp without blanching.

Keywords: Colour; Preservation; Enzymes; Browning; Polyphenoloxidase.

1. Introducción

El Perú cuenta con una amplia gama de productos frutícolas de características especiales, siendo apreciadas tanto en el mercado interno como en el externo. Una alternativa para la comercialización del mango es la elaboración de pulpa congelada con fines de exportación (Coral & Escobar-García, 2021); el mercado mundial de jugos y pulpas de frutas tropicales presenta buenas perspectivas para este producto (Hien et al., 2022; Khuwijitjaru et al., 2022).

Por otro lado, la pulpa elaborada a partir del mango es sensible a sufrir cambios en su color, principalmente a causa del pardeamiento enzimático y no enzimático (Manayay et al., 2013; Villanueva, 2016; Guerrero-Beltrán et al., 2004); el aditivo más usado para prevenir el pardeamiento enzimático y no enzimático es el dióxido de azufre, el cual es cuestionado en muchos países ya que se menciona que hay individuos, sobre todo aquellos que padecen de asma, que son sensibles a los sulfitos y sufren de broncoespasmos al consumirlos, y que, aun las personas sanas, cuando los ingieren en exceso, pueden padecer constricciones bronquiales. (Guerrero-Beltrán et al., 2004; Ghany, 2015; Badui 2006; Yildiz, 2017).

Sin embargo, investigaciones recientes aún siguen recomendado el uso de los sulfitos contra el pardeamiento, por ejemplo, Arora et al. (2021) reportan que el uso de metabisulfito de potasio al 0,1%, resultó ser el más eficaz para inhibir el pardeamiento en pulpas de plátano congeladas a -16°C , incluso, se reporta que el producto permanece estable después de 24 horas de almacenamiento a temperatura ambiente.

Por otra parte, Pintanela-Vergara et al. (2018), reportan que la aplicación de 1% de ácido L-ascórbico a la pulpa de guayaba fresa y amarilla (*Psidium cattleianum*) influye positivamente en la retención de compuestos bioactivos (fenoles totales, antocianinas totales y carotenoides totales) durante su almacenamiento de 120 días a temperaturas de congelación ($-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$); asimismo, Kim et al. (2021) indican que el ácido L-ascórbico puede actuar reduciendo las quinonas, evitando la formación de pigmentos oscuros.

El otro agente anti-pardeamiento ampliamente utilizado es el ácido cítrico debido a su reconocimiento general de seguridad (Mi Moon et al., 2020); se ha reportado su uso en un 1% en pulpa de Marolo (*Annona crassiflora*), logrando la estabilidad de la pulpa durante su almacenamiento por 12 meses a -18°C (Damiani et al., 2013).

Se han realizado diversos estudios con respecto a la estabilidad de la pulpa de mango (Dussán-Sarria et al., 2017; Quintero et al., 2011), pero no se ha encontrado reportes de estos estudios con el mango criollo, lo cual resultaría interesante de estudiar ya que actualmente, los productores de esta variedad de mango, actualmente no tienen un mercado atractivo para este fruto, con lo cual esta variedad está tendiendo a desaparecer.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del escaldado de la fruta y de los ácidos ascórbico y cítrico sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de la pulpa de mango criollo durante su almacenamiento en congelación.

2. Material y métodos

Se trabajó con mango (*Mangifera indica*) variedad criollo en estado de madurez, comestible, obtenido directamente del fundo "Pilarica", ubicado en el distrito de Olmos, Lambayeque. La fruta se transportó a Lima por vía terrestre. El tiempo transcurrido desde la cosecha de la fruta hasta el inicio del procesamiento fue de dos días.

Métodos de análisis

La composición química proximal, los sólidos solubles, el pH y la acidez titulable total se determinaron con los métodos de la A.O.A.C (2007); el ácido ascórbico (titulación visual con 2,6 diclorofenolindofenol) mediante el método reportado por Jin et al. (2021); el índice de madurez, mediante relación sólidos solubles/acidez titulable (Sohaib et al., 2020); la madurez sensorial, de acuerdo a la intensidad del color amarillo de la cáscara (Ratprakhon et al., 2020); el color instrumental, mediante medidas espectrofotométricas de la Absorbancia; mohos, levaduras y gérmenes mesófilos viables, según métodos reportados por Mossel (2003).

Para el análisis sensorial (color, sabor, aroma y textura), los tratamientos fueron arreglados en un diseño de bloques incompletos balanceados y analizados por un panel de 15 jueces semi-entrenados; para el atributo color se utilizó una escala de categorías de nueve puntos, donde el número más alto representa el óptimo en la característica analizada; para los atributos sabor, aroma y textura se usó una escala hedónica con términos entre "extremadamente desagradable" a "extremadamente agradable".

El análisis estadístico para las medidas instrumentales (Absorbancia) se hizo con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x5 con 2 repeticiones, siendo los factores:

escaldado y mezclas de conservadores químicos; se realizó el análisis de variancia y la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. En el caso de las medidas sensoriales, se aplicó la prueba de Durbin y la prueba de comparaciones múltiples para un diseño de bloques incompletos balanceados (Granato & De Araújo, 2013).

Procedimiento experimental

En la Figura 1 se presenta el esquema experimental de la investigación.

A continuación, se describen las operaciones realizadas.

- Materia prima. Se utilizó mango criollo en estado de madurez comestible.
- Caracterización de la materia prima. Se realizaron determinaciones de sólidos solubles, acidez titulable e índice de madurez de la fruta en la ciudad de Chiclayo, y posteriormente antes del inicio de su procesamiento (dos días después) con el objeto de determinar qué modificaciones sufriría la fruta durante el transporte.

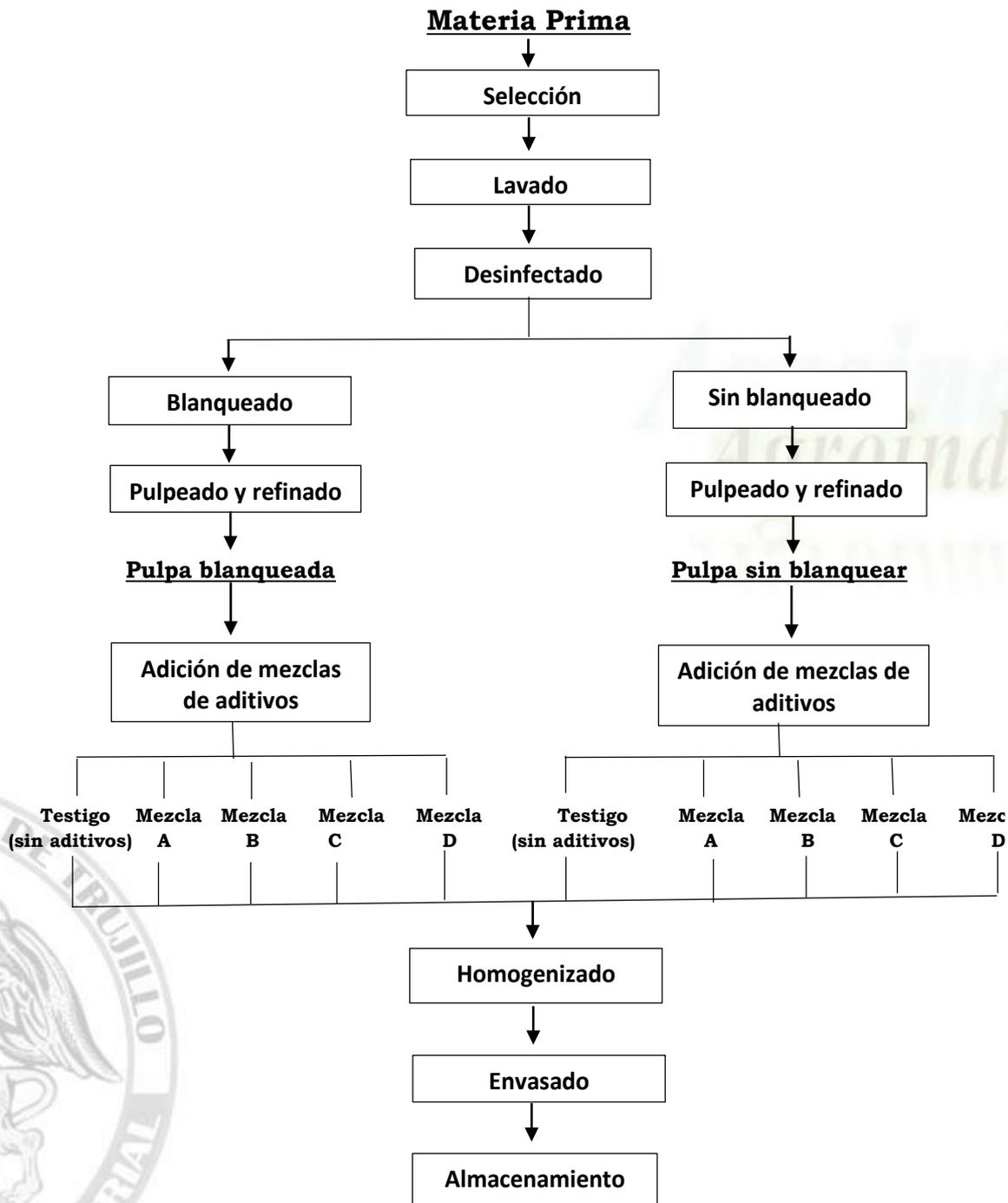


Figura 1. Esquema experimental de la investigación.

- Selección. Se separaron las frutas que presentaban magulladuras, picaduras u otros daños físicos.
- Lavado. Se realizó con agua potable con el fin de eliminar el material extraño (tierra y otros) y reducir la carga microbiana para una mejor acción del desinfectante.
- Desinfectado. Con la finalidad de eliminar la carga microbiana residual, se sometió la fruta a un lavado con una solución al 0,5% (p/v) de cloramina -T (Benceno Sulfamida, N-cloro-4 metil, sal sódica), enjuagando posteriormente con agua potable para eliminar los restos de desinfectante.
- Blanqueado. La fruta fue calentada en una marmita con agua, manteniéndose a 100 °C por dos minutos.
- Pulpeado y refinado. Estas operaciones se realizaron simultáneamente en una pulpeadora-refinadora marca Bertucci (Italia), en la que se separó la semilla y la cáscara de pulpa, la cual pasó primero por un tamiz de 1,5 mm de diámetro y luego por un tamiz de 0,8 mm de diámetro.
- Adición de conservantes químicos. Se emplearon como conservadores químicos: ácido ascórbico y ácido cítrico. Se añadieron en forma de soluciones acuosas al 40% (p/v), bajo las siguientes combinaciones, tanto en la pulpa de la fruta blanqueada como en la no blanqueada:
 - Mezcla A:* 0,05% de ácido ascórbico + 0,05% de ácido cítrico.
 - Mezcla B:* 0,05% de ácido ascórbico + 0,10% de ácido cítrico.
 - Mezcla C:* 0,10% de ácido ascórbico + 0,05% de ácido cítrico.
 - Mezcla D:* 0,10% de ácido ascórbico + 0,10% de ácido cítrico.
- Homogenizado. Mediante agitación manual, con el objeto de distribuir las mezclas de los conservantes químicos homogéneamente en toda la pulpa.
- Almacenamiento de la pulpa de mango. Se almacenó el producto en una cámara de congelación a -18 °C por un lapso de 90 días. A las pulpas de mango recién obtenidas, con y sin escaldado y con cada combinación de ácidos, se les realizaron determinaciones de sólidos solubles, acidez titulable, ácido ascórbico, pH y color (medida de absorbancia). Además, se realizaron análisis microbiológicos de mohos, levaduras, y gérmenes mesófilos viables, con la finalidad de determinar el estado higiénico del producto antes de la congelación. Asimismo, se realizaron determinaciones, cada 15 días de almacenaje, de sólidos solubles, acidez titulable,

ácido ascórbico, pH, color (medida de la absorbancia). Cada 30 días se realizaron análisis de las características sensoriales de color, sabor, aroma y textura.

3. Resultados y discusión

Características de la materia prima

a) Composición química proximal del mango:

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la determinación de la composición química proximal de la pulpa del mango criollo en estudio, composición similar a la reportada por Reyes et al. (2017). Ibarra-Garza et al. (2015) indica un valor de 80,6 % de agua para la variedad Keitt en estado de madurez de consumo; mientras que, Maldonado-Astudillo et al. (2016) señalan un valor de 83,6 % para el mango criollo en estado de madurez fisiológica, y Reyes et al. (2017) indican 83% de agua y 0,5 % de cenizas. El menor porcentaje de agua y el mayor contenido de cenizas obtenidos en la pulpa de mango en este trabajo, 80,4% y 2,1%, respectivamente, podría ser debido, entre otros factores, a las condiciones del transporte de la fruta desde el lugar de producción (Olmos) hasta el lugar en donde se desarrolló la investigación (La Molina, Lima).

Tabla 1

Composición química proximal de la pulpa de mango criollo

Compuesto	Valor (g/100 g muestra fresca)
Agua	80,4
Proteínas	0,4
Grasa	0,1
Fibra	1,0
Cenizas	2,1
Carbohidratos	16,0
Materia seca	19,6

b) Sólidos solubles

Los sólidos solubles no variaron en la fruta recién cosechada (Olmos) y luego de su transporte a Lima (dos días) presentando un valor promedio de 19,75%. Similares valores al obtenido en este trabajo presentan otros investigadores, como Quintero et al. (2013) para el mango común (19 %), Ramírez et al. (2010) para el criollo de Mara (19,5%) y el Kent (19,4 %).

c) Acidez titulable total

La fruta tuvo, en promedio, tanto antes de su transporte hacia Lima como al inicio de su procesamiento (dos días después), una acidez titulable de 0,44% de ácido cítrico. Otros investigadores reportan valores similares para el

mango criollo y otras variedades, como Quintero et al. (2013), 0,40% para el mango común; Siller-Cepeda et al. (2009), 0,50% para el Haden y 0,60% para el Kent.

d) Índice de madurez

El índice de madurez antes y después del transporte fue 44,58. Este valor está dentro del rango reportado por Siller-Cepeda et al. (2009) para diversas variedades de mango en estado de madurez de consumo: Edward, 56,0; Haden, 32,3; Tommy Atkins, 69,5; Kent, 23,6.

e) Ácido ascórbico

El contenido de ácido ascórbico (mg/100g de porción comestible) del mango antes del procesamiento fue de 4,4, resultado bastante bajo comparado con el valor de 24,3 (Maldonado-Astudillo et al., 2016) para el criollo de La Costa de Guerrero (México), en estado de madurez comestible; esta diferencia podría deberse a la diferente variedad y a que estaría en un estado de madurez más avanzado que el analizado por Maldonado-Astudillo et al. (2016), quien indica que el contenido de vitamina C depende de la variedad del mango y de su estado de madurez.

Pulpa de mango al final de su procesamiento y durante el almacenamiento

a) Sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles de las muestras pulpa de mango criollo sometidas a los diferentes tratamientos tuvieron un valor inicial entre 19% y 20%, valor similar al mostrado por Díaz et al. (2020) para el mango criollo paraguayo, de 19,3%; mientras que López & Trejo (2015) reportan un

rango de 18 % a 23 % en las variedades Manila y Ataulfo almacenadas durante 15 días a condiciones ambientales. Este valor permaneció constante en los diferentes tratamientos durante los 90 días de almacenamiento en congelación de la pulpa de mango criollo.

b) Acidez titulable total

Los valores iniciales de acidez titulable total (% de ácido cítrico) estuvieron dentro del rango de 0,43% a 0,59%, llegando al final del almacenaje a valores que fluctuaron entre 0,46% y 0,61%, característico de un mango maduro. Estos resultados, son similares a los citados por Maldonado-Astudillo (2016) quien reporta valores de acidez (ácido cítrico) entre 0,3% y 0,4% en cuatro variedades de mango en estado de madurez de consumo. Similares valores se presentan en otros estudios; así, Quintero et al. (2013) menciona un valor 0,40% para el mango "común", Ibarra-Garza et al. (2015) 0,65% para el Keitt; López & Trejo (2015) 0,51% para el Manila y 0,60% para el Ataulfo.

En la Figura 2 se puede apreciar el comportamiento de la variación de la acidez de la pulpa de mango criollo sometida a los diversos tratamientos durante el almacenamiento. Los resultados muestran ciertas fluctuaciones, sin embargo, se puede decir que en general la acidez tuvo un ligero incremento. Las diferencias en la acidez titulable entre los tratamientos antes de la congelación se deben a las diferentes concentraciones iniciales de ácidos propios de cada tratamiento. Estos resultados sugieren que el ácido cítrico contribuye más que el ácido ascórbico a elevar la acidez titulable.

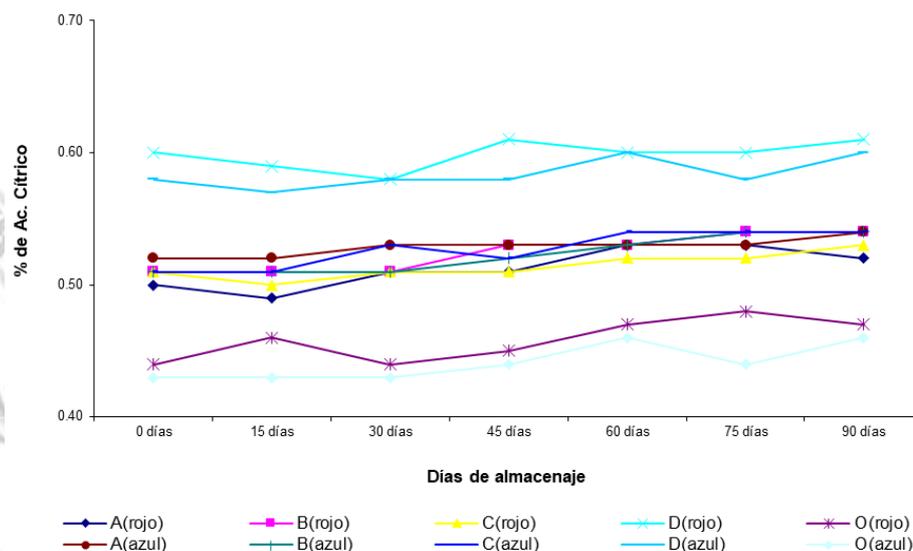


Figura 2. Variación de la acidez titulable de la pulpa de mango criollo durante el almacenaje (Rojo = escaldado; Azul = sin escaldar).

c) pH

El pH de la pulpa de mango criollo sometida a los diferentes tratamientos durante el almacenaje estuvo en el rango de 3,9 a 4,2, valores ligeramente más bajos respecto a las variedades Tommy Atkins y Kent, 4,3 y 4,9, respectivamente, mostrados por Siller-Cepeda et al. (2009), y superiores a los citados por Maldonado-Astudillo et al. (2009) para el criollo (3,4), Ibarra-Garza et al. (2015) para el Keitt (3,9), Siller-Cepeda et al. (2009) para el Edward (3,6). Durante el almacenamiento no se produjeron grandes variaciones. Los resultados sugieren que el ácido cítrico contribuye más que el ácido ascórbico en el descenso del pH.

d) Ácido ascórbico

La pulpa de mango recién procesada y sin adición de ácido ascórbico tuvo un contenido de 3,75 mg por 100 g de pulpa, valor ligeramente menor al de la fruta fresca sin procesar (4,4 mg/100 g), probablemente debido a la acción enzimática durante el pulpeado o la autooxidación catalizada por factores ambientales como el oxígeno, la luz, el calor, etc. Durante el almacenamiento, en todos los tratamientos se produjo una disminución del contenido de ácido ascórbico (Figura 3), esto indicaría que las enzimas responsables de su oxidación se encuentran activas incluso en las muestras que fueron escaldadas.

Al relacionar la pérdida de ácido ascórbico con las diferentes mezclas de conservadores químicos de cada tratamiento, se puede concluir que el ácido cítrico disminuye la pérdida de ácido ascórbico. Según Silveira (2017), el ácido cítrico tiene un

efecto sinérgico con el ácido ascórbico en la prevención y el control del pardeamiento enzimático. También se observa una menor pérdida de ácido ascórbico en la pulpa proveniente de la fruta escaldada, lo cual se debería a cierto grado de inactivación enzimática causada por el calor.

e) Bacterias mesófilas viables, mohos y levaduras

Los resultados del análisis microbiológico de la pulpa de mango criollo escaldado y sin escaldar se presentan en la Tabla 2. Se puede observar que el escaldado produjo un efecto beneficioso en la pulpa al reducir la carga microbiana. La carga microbiana de la muestra sin escaldar, aun cuando fue mayor que la de la muestra escaldada, presentó valores relativamente bajos. La temperatura de congelación (-18 °C) habría sido un factor importante para evitar el crecimiento microbiano durante el almacenaje de la pulpa de mango (Macedo et al., 2022), pues, según Joardder & Hasan (2019), la temperatura de almacenamiento a la cual el daño microbiano cesa está entre -9 °C y -12 °C.

No existen normas específicas relacionadas con la carga microbiana de la pulpa de mango congelada; como medida de comparación, Ramos y López (2018) han establecido como propuesta de un criterio microbiológico para pulpa de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) semi-procesada y congelada, los siguientes límites: para bacterias aerobias mesófilas viables, 3×10^3 u.f.c./g; para mohos, 6×10^2 , y para levaduras, 3×10^3 u.f.c./g.

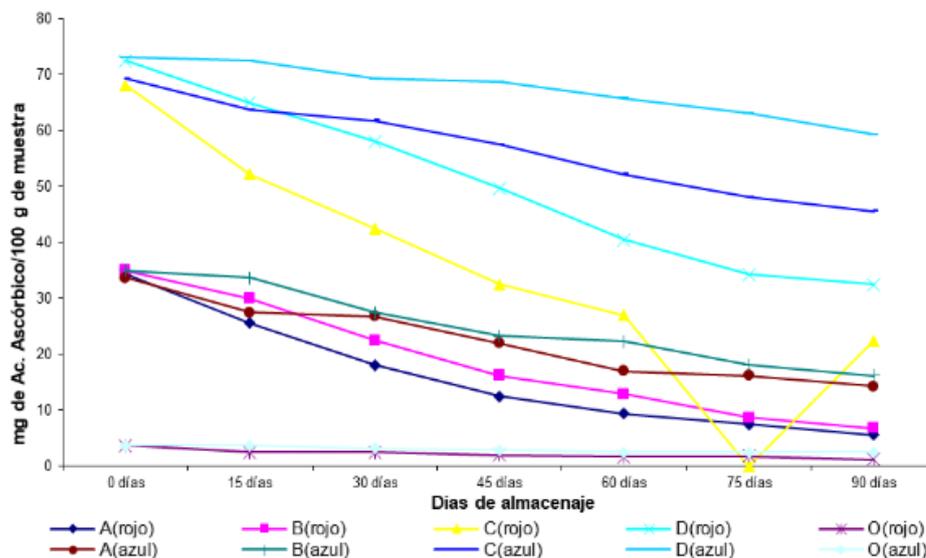


Figura 3. Variación del contenido de ácido ascórbico de la pulpa de mango criollo durante el almacenaje (Rojo = escaldado; Azul = sin escaldar).

Tabla 2

Contenido de bacterias mesófilas viables, mohos y levaduras en la pulpa de mango criollo al final del período de almacenaje en congelación (90 días a -18 °C)

Análisis	Pulpa sin escaldar (ufc/g)	Pulpa escaldada
Mesófilos viables	$1,4 \times 10^3$	< 10 ufc/g
Mohos y levaduras	$1,5 \times 10^2$	< 100 ufc/g

f) Análisis de color

En la Figura 4 se muestra la variación de la absorbancia de la pulpa de mango durante el almacenaje. Se puede observar que el color se conserva mejor en las muestras a las que se les añadió los conservadores químicos en estudio respecto a las muestras sin conservadores químicos (testigo), tanto en las muestras escaldadas como en las no escaldadas. Se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con conservadores químicos, pero no entre las muestras con escaldado y sin escaldado, comportamiento que se aprecia a través del tiempo de almacenaje. Las muestras que conservaron mejor el color fueron las que recibieron las mezclas de conservadores químicos D (0,1% de ácido ascórbico + 0,1% de ácido cítrico) y C (0,1% de ácido ascórbico + 0,05% de ácido cítrico), no habiendo diferencias

significativas entre ellas. Por otra parte, las muestras escaldadas con las diferentes combinaciones de conservadores químicos mostraron un comportamiento más homogéneo en la conservación del color, respecto a las muestras sin escaldado.

g) Características sensoriales

Con respecto al color, se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos a través del tiempo de almacenaje. El tratamiento con 0,1% de ácido ascórbico + 0,1% de ácido cítrico, sin escaldado, es el que recibió la mejor calificación, siguiéndole en orden de importancia el tratamiento con 0,1% de ácido ascórbico + 0,05% de ácido cítrico, y el tratamiento con 0,05% de ácido ascórbico + 0,1% de ácido cítrico, ambos también sin escaldado. Las muestras de pulpa que no se escaldaron fueron consideradas con color más aproximado al natural. El tratamiento testigo, sin escaldado, es el que recibió la calificación más baja. En cuanto al sabor, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos a través del tiempo. El tratamiento con 0,05% de ácido ascórbico + 0,05% de ácido cítrico, sin escaldado, fue considerado por los panelistas como el de sabor más agradable seguido por los tratamientos con 0,05% de ácido ascórbico + 0,05% de ácido cítrico, con 0,1% de ácido ascórbico + 0,1% de ácido cítrico, y con 0,05% de ácido ascórbico + 0,1% de ácido cítrico, todos sin escaldado.

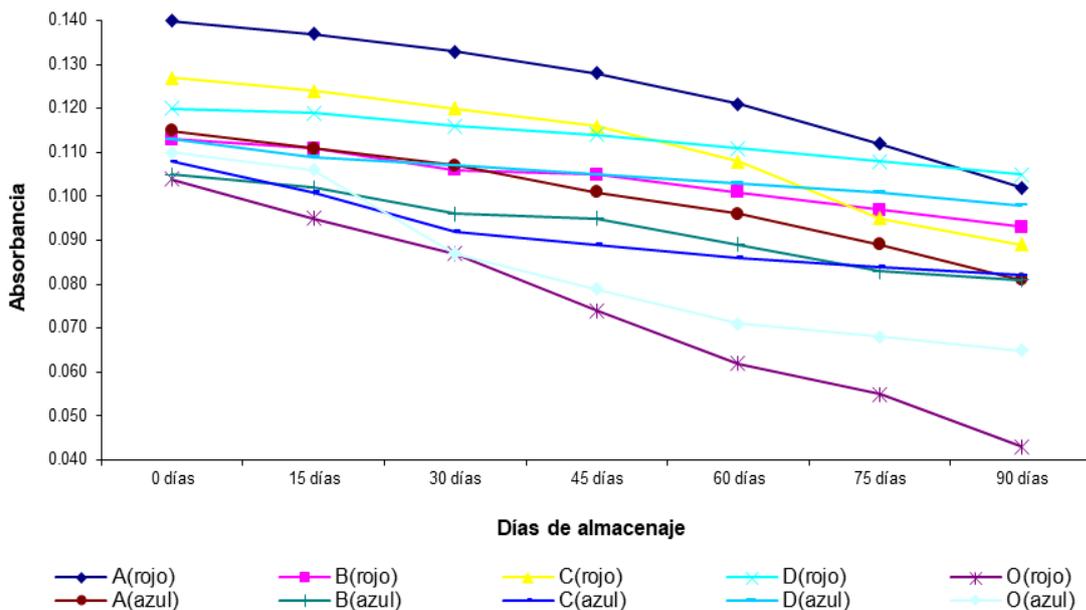


Figura 4. Variación de la absorbancia del extracto de pulpa de mango criollo durante el almacenaje (Rojo = escaldado; Azul = sin escaldar).

Las calificaciones más bajas las recibieron los tratamientos con escaldado: 0,05% de ácido ascórbico + 0,1% de ácido cítrico; 0,1% de ácido ascórbico + 0,1% de ácido cítrico; y las muestras sin aditivos (testigo) con y sin escaldado. El hecho de que los tratamientos con 0,1% de ácido ascórbico + 0,05% de ácido cítrico, y con 0,5% de ácido ascórbico + 0,1% de ácido cítrico, ambos sin escaldado, sean considerados ligeramente inferiores en cuanto al sabor, respecto a los tratamientos con 0,05% de ácido ascórbico + 0,05% de ácido cítrico, y con 0,1% de ácido ascórbico + 0,05% de ácido cítrico, también sin escaldado, indica que el ácido cítrico tiene una marcada influencia en el sabor de la pulpa de mango criollo, pues estas muestras recibieron la mayor concentración de este ácido. Esta influencia negativa del ácido cítrico sobre el sabor se presentó también en las muestras con escaldado. Los resultados también sugieren un efecto negativo del escaldado sobre el sabor de la pulpa de mango. La pulpa de fruta no escaldada recibió mejores calificaciones que la de la fruta escaldada. Con relación al aroma, se encontraron diferencias estadísticas significativas tanto entre los tratamientos como a través del tiempo. Los tratamientos que mantuvieron mejor el aroma fueron todas las muestras sin escaldado, a excepción del testigo, y las muestras escaldadas con 0,05% de ácido ascórbico + 0,05% de ácido cítrico, y con 0,05% de ácido ascórbico + 0,1% de ácido cítrico, los cuales tuvieron un comportamiento similar. Se aprecia una ligera superioridad de los tratamientos que no recibieron escaldado respecto de los que sí lo recibieron. Los tratamientos que recibieron la menor calificación de parte de los panelistas fueron las muestras sin aditivos (testigo), tanto con escaldado como sin escaldado. Finalmente, en lo respecta a la textura, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ni a través del tiempo de almacenaje. Estos resultados indican que el escaldado, así como las mezclas de conservadores químicos no influyen sobre la textura de la pulpa del mango criollo. Además, muestran que la pulpa de mango en estudio mantuvo esta característica uniforme durante el almacenamiento.

4. Conclusiones

El pardeamiento enzimático de la pulpa de mango criollo no es inhibido totalmente por la congelación ni por el escaldado aplicado a la fruta (100 °C por dos minutos). Sin embargo, el escaldado reduce la actividad enzimática en la pulpa durante el

almacenamiento en congelación, comparada con la pulpa de la fruta sin escaldar. La pulpa de fruta sin escaldado con mezclas de conservadores químicos conserva mejor su color y sabor durante el almacenamiento en congelación con respecto a la pulpa de fruta con escaldado previo con mezcla de conservadores químicos.

El contenido de ácido ascórbico de la pulpa de mango bajo los diferentes tratamientos disminuye hasta en un 83,6% de su valor inicial durante los 90 días de almacenamiento en congelación (-18 °C), por lo que, se requiere probar con otras concentraciones y/o combinaciones de antioxidantes, ya que en este estudio se ha encontrado que el ácido cítrico disminuye la pérdida de ácido ascórbico durante el almacenamiento en congelación.

Referencias bibliográficas

- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemist). (2007). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. 18 ed. Washington D.C.
- Badui, S. (2006). *Química de Alimentos*. Cuarta edición. Editorial Pearson Educación. México.
- Coral, L. L. T., & Escobar-García, H. A. (2021). Characterization of fruits of varieties of mango (*Mangifera indica*) conserved in Peru. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 43(2), 1–8.
- Díaz, F., Duarte, Sh., & Ferreira, O. (2020). Clarificación de la pulpa extraída de frutos de mango criollo paraguayo (*Mangifera indica*). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 4(2), 1524-1531.
- Dussán-Sarria, S., Ramírez-Yela, J., & Hleap-Zapata, J. (2017). Conservación de Mango Mínimamente Procesado usando un Recubrimiento Comestible a base de Aceite de Aguacate. *Información Tecnológica*, 28(3), 67-74.
- Ghany, A. (2015). Safe Food Additives: A Review. *Journal of Biological and Chemical Research*. *Journal of Biological and Chemical Research*, 32, 402-437.
- Gerrero-Beltrán, J., Swanson, B., & Barbosa-Cánovas, G. (2004). Inhibition of polyphenoloxidase in mango puree with 4-hexylresorcinol, cysteine and ascorbic acid. *LWT*, 38(6), 625-630.
- Granato, D., & De Araújo Calado, V. M. (2013). The use and importance of design of experiments (DOE) in process modelling in food science and technology. In *Mathematical and Statistical Methods in Food Science and Technology* (pp. 1–18). John Wiley & Sons, Ltd.
- Hien, T. T., Long, T. B., Muoi, N. Van, & Truc, T. T. (2022). Effect of pretreatment on quality of frozen Cau Duc pineapple (*Ananas comosus*). *Materials Today: Proceedings*, 57, 447–453.
- Ibarra-Garza, I., Ramos-Parra, P., Hernández-Brenes, C., & Jacobo-Velásquez, D. (2015). Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). *Postharvest Biology and Technology*, 103, 45-54.
- in, S., Ding, Z., & Xie, J. (2021). Modified Atmospheric Packaging of Fresh-Cut Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) for Extending Shelf Life. *Agriculture*, 11(10), 1016.
- Khuwijitjaru, P., Somkane, S., Nakagawa, K., & Mahayothee, B. (2022). Osmotic Dehydration, Drying Kinetics, and Quality Attributes of Osmotic Hot Air-Dried Mango as Affected by Initial Frozen Storage. *Foods*, 11(3), 489.
- López, S., & Trejo, M. (2015). Análisis del estado de madurez de mango (*Mangifera indica*) mediante espectroscopía UV-VIS-NIR. *Jóvenes en la Ciencia*, 1(2), 1206-1210.
- Macedo, L. L., Vilela, D. R., Cunha, M. C., Dias, L., Carvalho, E. E. N., Resende, J. V., & Vilas Boas, E. V. (2022). Stability of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) pulp subjected to freezing by

- static and forced air. *Journal of Food Process Engineering*, 45(4), e13997. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13997>
- Maldonado-Astudillo, Y., Navarrete-García, H., Ortiz-Morales, O., Jiménez-Hernández, J., Salazar-López, R., Alía-Tejaca, I., & Álvarez-Fitz. (2016). Propiedades físicas, químicas y antioxidantes de variedades de mango crecidas en la Costa de Guerrero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3), 207-214.
- Manayay, D., Ibarz, A., Castillo, W., & Palacios, L. (2013). Cinética de la diferencia de color y croma en el proceso térmico de pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Haden. *Scientia Agropecuaria*, 4(3), 181 - 190.
- Yıldız, F. (2017). Initial Preparation, Handling, and Distribution of Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. In F. Yıldız & R. C. Wiley (Eds.), *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables* (pp. 53-92).
- Quintero, V., Giraldo, G., Lucas, J., & Vasco, J. (2013). Caracterización fisicoquímica del mango común (*Mangifera indica*, L.) durante su proceso de maduración. *Bioteología en el Sector Agropecuario e Industrial*, 11(1), 10-18.
- Quintero, V., Giraldo, G., & Cortes, M. (2011). Desarrollo de pulpa de mango común tratada enzimáticamente y adicionada con calcio, oligofructosa y vitamina C. *Temas Agrarios*, 16(1), 52-63.
- Joardder, M. U. H., & Hasan Masud, M. (2019). Food Preservation Techniques in Developing Countries. In M. U. H. Mohammad & M. Hasan Masud (Eds.), *Food Preservation in Developing Countries: Challenges and Solutions* (pp. 67-125).
- Ramírez, R., Quijada, O., Castellano, G., Burgos, M., & Camacho, M. (2010). Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) en el Municipio de Mara en la Planicie de Maracaibo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 10(2), 64-72.
- Félix G. Ramos, F., & López, B. (2018). Propuesta de un criterio microbiológico para pulpa de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) semi-procesada y congelada. *Ciencia e Investigación* 2018 21(1), 43-48.
- Ratprakhon, K., Neubauer, W., Riehn, K., Fritsche, J., & Rohn, S. (2020). Developing an Automatic Color Determination Procedure for the Quality Assessment of Mangos (*Mangifera indica*) Using a CCD Camera and Color Standards, *Foods*, 9(11), 1709.
- Reyes, M., Gomez-Sanchez, I., & Espinoza, C. (2017). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Ministerio de Salud. Lima. Perú.
- Siller-Cepeda, J., Muy-Rangel, D., Baez-Zañudo, M., Araiza, -L. E., & Ireta-Ojeda, A. (2009). Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(1), 45-52.
- veira, A. (2017). Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos de IV gama o mínimamente procesados. *Agrociencia (Uruguay)*, 21 (1), 1-6.
- Sohaib Ali Shah, S., Zeb, A., Qureshi, W. S., Arslan, M., Ullah Malik, A., Alasmay, W., & Alanazi, E. (2020). Towards fruit maturity estimation using NIR spectroscopy. *Infrared Physics & Technology*, 111, 103479.
- Villanueva, S. (2016). *Introducción a la Tecnología del Mango*, Primera Edición. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. México.

