

EVALUACIÓN DE LA VIDA POSTCOSECHA DE UNA NUEVA FRUTA NATIVA -*CAMPOMANESIA GUAZUMIFOLIA* “SIETECAPOTES”- Y LA APLICACIÓN DE UN TRATAMIENTO TÉRMICO PARA DISMINUIR LAS PÉRDIDAS POSTCOSECHA Y LA OCURRENCIA DE DAÑO POR FRÍO

Gauna, Juan Marcelo^{1,2} *; Saric, Rosario²; Bárcena, Alejandra^{1,2}; Bayardo, Mariela¹; Graciano, Corina^{1,2}; Costa, Lorenza^{1,2}

1 Instituto de Fisiología Vegetal INFIVE (CONICET-UNLP) dg 113 495, CP 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

2 Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), avenida 60 y calle 119, CP 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

marcelo.gauna@agro.unlp.edu.ar

RESUMEN: “Sietecapotes” (*Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg.), es un fruto nativo recientemente incorporado al Código Alimentario Argentino. Se define como fruto tropical de vida postcosecha corta. En este trabajo se analizaron los cambios postcosecha de “Sietecapotes” almacenados a temperatura ambiente y refrigerados. Se determinó el color superficial, la acidez titulable, los sólidos solubles totales y la firmeza de los frutos. Independientemente de la condición de almacenamiento, no se observaron cambios de color superficial y de sólidos solubles asociados con la maduración mientras la acidez aumentó. Los frutos refrigerados acusaron un comportamiento anómalo de firmeza, pardeamiento de la pulpa y ataque fúngico, lo cual sugiere posible daño por frío. Por lo tanto, en un segundo ensayo se evaluó si un tratamiento térmico sería efectivo para disminuir estos síntomas. Se trabajó con frutos desinfectados y tratados por inmersión en agua caliente (55-60°C, 3 minutos) previo a la refrigeración. Los frutos se almacenaron refrigerados y cada 2 días se transfirieron muestras a temperatura ambiente para evaluar daño por frío. Los frutos tratados térmicamente resultaron más firmes, presentaron menos daño y menor pérdida de electrolitos respecto a los controles. El tratamiento térmico mejoró los posibles síntomas de daño por frío evaluados.

PALABRAS CLAVE: productos forestales no madereros, frutos regionales, fisiología postcosecha, bosque atlántico, domesticación.

POSTHARVEST LIFE EVALUATION OF A NEW NATIVE FRUIT - *CAMPOMANESIA GUAZUMIFOLIA* “SIETECAPOTES” - AND APPLICATION OF A HEAT TREATMENT TO DECREASE POSTHARVEST LOSS AND CHILLING INJURY

ABSTRACT: “Sietecapotes” (*Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg.) is a native fruit recently incorporated into the Argentine Food Code. “Sietecapotes” is defined as a tropical fruit with a short post-harvest life. In this work, postharvest changes of “Sietecapotes” stored at room temperature and refrigerated were analyzed. Skin color, titratable acidity, total soluble solids and fruit firmness were determined. Regardless of storage condition, no changes in surface color and soluble solids associated with ripening were observed while acidity increased. Refrigerated fruit showed anomalous firmness behavior, flesh browning and fungal attack, suggesting possible chilling injury. Therefore, in a second trial, we evaluated whether heat treatment would be effective in reducing these symptoms. The fruits were disinfected and treated by immersion in hot water (55-60°C, 3 minutes) prior to refrigeration. Fruits were stored refrigerated and every 2 days samples were transferred to room temperature to evaluate chilling injury. Heat-treated fruit were firmer, showed less damage and less electrolyte loss than controls. The heat treatment improved the possible symptoms of chilling injury evaluated.

KEYWORDS: non timber forest products, regional fruits, postharvest physiology, Atlantic Forest, domestication.

INTRODUCCIÓN

Los productos forestales no madereros resultan promisorios para el desarrollo sustentable de las economías regionales por la multiplicidad de productos aprovechables para la salud, alimentación e industria. Dentro de ellos, se destacan los frutales nativos y su domesticación como nuevas especies de la agrobiodiversidad. En los últimos años, el uso

sustentable de los bosques nativos para garantizar la conservación de sus bienes comunes, junto a su participación en las actividades económicas ha sido impulsado desde la sanción de la Ley Nacional N° 26331. Dicha Ley establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y

Recibido: 17/11/2023; Aceptado: 4/12/2023

manejo sostenible, junto a otras estrategias como el proyecto USUBI (PNUD ARG 15/G53, años 2015-2022) y el Programa Nacional de Productos Forestales No Madereros, (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). Existe un creciente interés en este tipo de productos, lo cual convierte a la producción sustentable de los mismos en una estrategia interesante para la conservación de los bosques nativos, pese a la escasa información a la cual accede la sociedad en general [2]. Tal es el caso de “Sietecapotes”, una especie frutal nativa de la provincia de Misiones, Bosque Atlántico [3], presente tanto en la selva como en los jardines y establecimientos productivos de la población local [4] y que fue recientemente incorporada al Código Alimentario Argentino, resolución conjunta 7/2019 [5]. Esta Resolución forma parte de las acciones que fortalecen los marcos de gestión para el uso sustentable de la biodiversidad para contribuir a la protección de los bosques de alto valor de conservación en Argentina.

El fruto de “Sietecapotes” es un baccate redondeado, con un tamaño de 4 a 5,1 cm de diámetro y posee numerosas semillas (6 a 11) [6,7], con un exocarpio pubescente de color verde amarillento, pulpa blanca carnosa, con sabor y aroma exuberantes, atractivo tanto para el consumo humano como para animales silvestres [8,9]. Además de su consumo en fresco, se obtienen productos derivados, como dulces, vinagres, licores, pulpa congelada o jugos concentrados que permiten su conservación y agregado de valor en la región de producción. Sin embargo, el consumo como fruta fresca de “Sietecapotes” se ve limitado por su corta vida postcosecha, su escasa domesticación y su reducida área de distribución natural. Sumado a estas características, al tratarse de una especie subtropical, el uso de la refrigeración como estrategia para extender la vida postcosecha de los frutos [10], podría estar limitado debido a la ocurrencia de síntomas de daño por frío, tal como se ha descrito en otros frutos de la familia *Mirtaceae* como pitanga (*Eugenia uniflora*), guayabo del país (*Acca sellowiana*) y guayabo (*Psidium guajava*) [11–15]. Hasta el presente no existe información documentada sobre el comportamiento postcosecha de “Sietecapotes” ni del efecto de la refrigeración en estos frutos.

El daño por frío en los frutos puede observarse de distintas maneras, manifestándose como pardeamiento externo y de pulpa, lesiones hundidas en superficie, harinosidad, incapacidad de ablandarse o picaduras superficiales [12,16]. Este desorden fisiológico de los frutos, cuyas características impactan negativamente la palatabilidad y la calidad organoléptica de los mismos, suele desarrollarse a temperatura ambiente una vez adquiridos por los consumidores, luego de haber sido previamente almacenados a bajas temperaturas.

Los tratamientos térmicos por inmersión en agua caliente son métodos eficientes para preservar la calidad y prevenir el decaimiento de frutos subtropicales durante el almacenamiento [17]. Este tipo de tratamientos de base física resultan más sustentables, con menores impactos negativos en el ambiente [10]. Los efectos protectores de estos tratamientos pueden estar relacionados con la acumulación de proteínas de shock térmico, cambios en la integridad de membrana o promoción del metabolismo antioxidante y de los azúcares [16]. Los tratamientos térmicos con agua caliente han dado resultado para disminuir el daño por frío en damasco (*Prunus mume*), mango (*Mangifera indica*) y berenjenas (*Solanum melongena*) entre otros frutos [18–20].

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue describir la vida postcosecha del fruto “Sietecapotes” almacenado a temperatura ambiente

y refrigerado. Además, se planteó un segundo ensayo con el objetivo de analizar el efecto de la aplicación de un tratamiento térmico sobre la sintomatología de daño por frío observada en el primer ensayo.

METODOLOGÍA

Los frutos fueron cosechados en febrero de 2022 en la localidad de San Antonio, Misiones, a partir de individuos silvestres en plena época de fructificación. Posteriormente fueron acondicionados en bandejas refrigeradas a una temperatura entre 8-10 °C para el transporte hacia el laboratorio en La Plata. Una vez en el laboratorio se inició el ensayo de almacenamiento bajo dos condiciones de temperatura: ambiente y refrigerados (8 °C) durante 7 días. Se trabajó con frutos de $8,64 \pm 3,48$ g de peso fresco y $2,50 \pm 0,36$ cm de diámetro. Cada 2 días se midió en los frutos el color superficial CIELAB por colorimetría (Minolta CR300, Osaka, Japan) realizando dos mediciones por fruto y posteriormente se calculó la diferencia de color respecto al día inicial (ΔE_{2000} superficial) a partir de los parámetros L^* , a^* y b^* [21]. Además, para evaluar el comportamiento postcosecha de los frutos se determinaron cada 2 días, la acidez titulable (AT) por volumetría ácido-base utilizando NaOH 0,1N como agente valorante y fenolftaleína como indicador [22], los sólidos solubles totales (SST) por refractometría (Milwaukee MA871, Rocky Mount, USA) y la firmeza de los frutos utilizando un texturómetro portátil (Western Industrial Supply, San Francisco).

Un segundo ensayo fue realizado en febrero de 2023, para el cual se cosecharon frutos en los mismos individuos que el ensayo anterior para evaluar el efecto de un tratamiento térmico (TT) sobre la sintomatología de daño por frío. En esta oportunidad, la totalidad de los frutos se desinfectaron con una solución de NaClO 200 ppm. La mitad de los frutos desinfectados se trataron por inmersión en agua caliente (55-60 °C, 3 minutos) previo a la refrigeración y transporte. Una vez en el laboratorio los frutos tratados y los controles (frutos desinfectados, pero sin tratamiento térmico) se almacenaron refrigerados (8 °C) durante 8 días y en intervalos de 2 días se transfirieron muestras a temperatura ambiente para evaluar el desarrollo de daño por frío luego de 48 h.

Cada día de muestreo se midió la respiración de los frutos. Para ello, los frutos se confinaron en un envase hermético y se midió la producción de CO₂ utilizando un electrodo portátil. Se calculó la tasa respiratoria como mg de CO₂ producidos por gramo de tejido y por minuto (mg g⁻¹ min⁻¹). Además, se midió cada día de muestreo, la firmeza como el trabajo de compresión utilizando un texturómetro TA-XT Plus (Stable Microsystems, Surrey, UK) y se registró el porcentaje de frutos afectados por hongos.

Como síntomas de daño por frío se evaluó el color superficial de los frutos, en la epidermis y en la pulpa, por colorimetría tal como se realizó en el primer ensayo. Se calculó la diferencia de color (ΔE_{2000} pulpa) entre las muestras al momento de retirarlas del almacenamiento refrigerado y luego de 2 días a temperatura ambiente. Se midió la pérdida de electrolitos (% PE) luego de 2 h de incubación en agitación a temperatura ambiente de 5 discos de pulpa de frutos sumergidos en agua destilada, utilizando un conductímetro. Los valores se expresaron como porcentaje respecto a la pérdida total de electrolitos por unidad de masa.

En ambos ensayos para las mediciones de color superficial y firmeza se utilizaron 10 frutos para cada tiempo de muestreo y condición de almacenamiento mientras que para las mediciones destructivas se trabajó por triplicado en cada determinación. Para estudiar los cambios durante el almacenamiento, el primer experimento tuvo un diseño

factorial con la temperatura y el tiempo de almacenamiento como factores principales. La interacción entre condición de almacenamiento y tiempo fue analizada. En el segundo ensayo el diseño también fue factorial con la aplicación de tratamiento térmico y el tiempo como factores principales. La interacción entre el tratamiento y el tiempo fue analizada. Los datos se sometieron a análisis de la varianza (ANOVA) y comparación de medias por Test de Tukey ($p < 0,05$) utilizando el software estadístico Infostat [23].

RESULTADOS

Cambios en los frutos “Sietecapotes” durante el almacenamiento postcosecha

En los ensayos de almacenamiento iniciados en el laboratorio luego de 24 h de viaje refrigerado, la apariencia de los frutos sin ataque visible de patógenos se mantuvo durante 4 días a temperatura ambiente y 7 días en refrigeración. En cuanto a los parámetros de color superficial registrados, mientras los parámetros L^* y b^* no presentaron grandes cambios, el valor de a^* resultó ser el que tuvo cambios significativos durante el almacenamiento en ambas condiciones de temperatura (Tabla 1).

Tabla 1 - Cambios en los parámetros medidos para evaluar la calidad organoléptica de los frutos almacenados a temperatura ambiente (TA) y refrigerados (REF): contenido de sólidos solubles (SST), acidez titulable (AT) y variables de color L^* , a^* y b^* . Se indican los promedios de cada valor y su desvío estándar. Las letras señalan diferencias significativas ($p < 0,05$), mientras que “ns”: no significativo.

| | | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 7 |
|-----|-------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| TA | SST | 14,54 ± 3,02 ns | 15,32 ± 2,43 ns | 14,39 ± 2,99 ns | - |
| | AT | 1,42 ± 0,53 b | 1,48 ± 0,31 b | 1,66 ± 0,26 ab | - |
| | L^* | 53,18 ± 6,60 ab | 54,60 ± 6,70 a | 54,19 ± 6,53 a | - |
| | a^* | -9,02 ± 3,18 e | -6,58 ± 3,34 c | -1,39 ± 3,94 a | - |
| | b^* | 71,24 ± 10,87 ab | 73,43 ± 14,17 a | 74,05 ± 16,15 a | - |
| REF | SST | 14,54 ± 3,02 ns | - | 14,98 ± 2,43 ns | 16,04 ± 2,77 ns |
| | AT | 1,42 ± 0,53 b | - | 1,78 ± 0,21 ab | 1,80 ± 0,41 a |
| | L^* | 53,94 ± 6,39 ab | 53,21 ± 5,90 ab | 51,76 ± 6,20 cd | 49,85 ± 6,51 c |
| | a^* | -9,49 ± 3,28 e | -8,27 ± 3,50 de | -6,96 ± 3,93 cd | -5,04 ± 3,86 b |
| | b^* | 67,58 ± 19,00 bc | 70,07 ± 10,67 ab | 66,55 ± 11,11 bc | 62,41 ± 6,51 c |

Durante el almacenamiento no se observó un cambio de color apreciable a simple vista en la epidermis, los frutos se mantuvieron verdes, sin embargo, los datos del colorímetro permitieron demostrar que existen cambios de color cuantificados como ΔE_{2000} superficial durante el almacenamiento para ambas condiciones de temperatura. Esta variación de color superficial fue menor en los frutos refrigerados (Figura 1). No se observaron variaciones, ni en el contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), ni en la acidez titulable de los frutos asociados a la temperatura de almacenamiento, con excepción de un aumento significativo en la acidez luego de 7 días en refrigeración (Tabla 1).

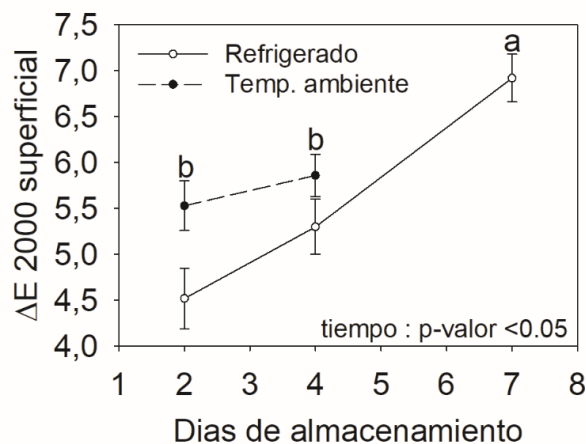


Figura 1 - Diferencia de color superficial (ΔE_{2000} superficial) entre el día inicial y los días posteriores para los frutos almacenados a temperatura ambiente (TA) y refrigerados (REF). Las barras verticales representan el error estándar. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En cuanto a la medida de firmeza de los frutos, las muestras refrigeradas acusaron un comportamiento anómalo de la firmeza, mientras que en los frutos almacenados a temperatura ambiente la firmeza disminuyó (Figura 2).

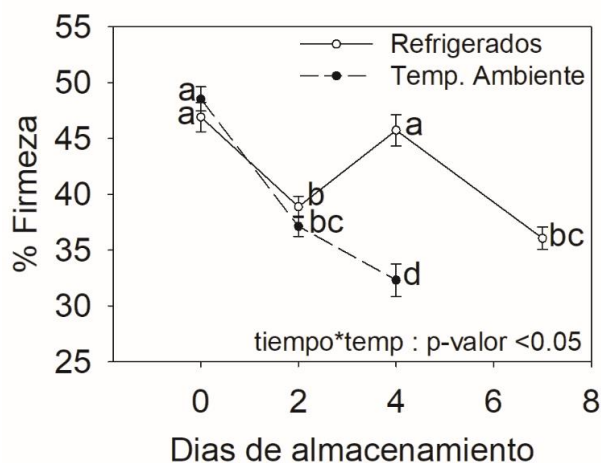


Figura 2 - Porcentaje de firmeza de los frutos almacenados en condiciones refrigeradas y a temperatura ambiente. Las barras verticales representan el error estándar. Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí ($p < 0,05$).

Efecto de un tratamiento térmico por inmersión en agua caliente sobre el almacenamiento refrigerado de frutos “Sietecapotes”

En un segundo ensayo, los frutos se desinfectaron luego de la cosecha y se realizó un tratamiento térmico por inmersión en agua caliente (55-60 °C) durante 3 minutos previo a la refrigeración y transporte. Una vez en el laboratorio se continuó con el almacenamiento refrigerado a 8 °C tanto de las muestras tratadas como de los controles (sin tratamiento térmico). Se transfirieron muestras a temperatura ambiente luego de 2, 6 y 8 días de refrigeración y se analizaron luego de 48 h a temperatura ambiente, tal como se procede para evaluar el desarrollo de los síntomas de daño por frío. Durante el almacenamiento, los frutos tratados térmicamente tuvieron hasta un 50% menos de ataque fúngico respecto a los controles, lo cual se evidenció cuando se transfirieron a temperatura ambiente (Tabla 2).

Tabla 2 - Porcentaje de ataque fúngico sobre los frutos una vez transferidos a temperatura ambiente luego del almacenamiento refrigerado.

| | Control | Trat. Térmico |
|-----------|---------|---------------|
| Día 2 + 2 | 0% | 0% |
| Día 6 + 2 | 50% | 1.5% |
| Día 8 + 2 | 25% | 1.5% |

La tasa respiratoria (TR) de los frutos controles aumentó cuando se transfirieron a temperatura ambiente, y el aumento fue menor para los frutos tratados luego de 2 y 6 días de almacenamiento refrigerado (Figura 3). En el final del almacenamiento esta tendencia se invirtió. Durante el almacenamiento refrigerado no se observaron diferencias entre los frutos tratados y los controles.

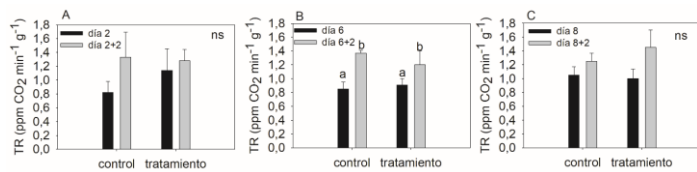


Figura 3 - Tasa respiratoria (TR) de los frutos control y tratados térmicamente durante los días de almacenamiento refrigerados (2, 6 y 8) seguidos de 48 h a temperatura ambiente (panel A: 2+2, panel B: 6+2, panel C: 8+2). Las barras verticales representan el error estándar. Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí ($p < 0,05$), mientras que "ns": no significativo.

Luego de 2 y 6 días de almacenamiento refrigerado la firmeza fue igual para los frutos control y tratados, sin embargo, los frutos control disminuyeron la firmeza al ser transferidos a temperatura ambiente mientras que en los frutos tratados térmicamente esto no ocurrió (Figura 4). Los frutos tratados térmicamente resultaron más firmes con respecto a los controles luego de 8 días de almacenamiento refrigerado, aun cuando los frutos se ablandaron luego de 48 h a temperatura ambiente (Figura 4).

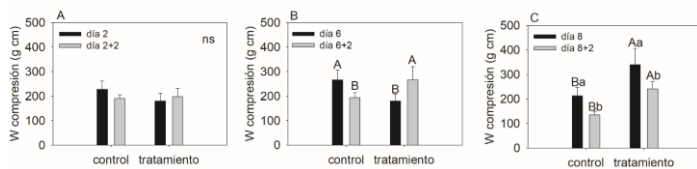


Figura 4 - Trabajo de compresión sobre los frutos control y tratados térmicamente, durante los días de almacenamiento refrigerados (2, 6 y 8) y al cabo de las 48 h de transferidos a temperatura ambiente (panel A: 2+2, panel B: 6+2, panel C: 8+2). Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí, mientras que letras mayúsculas se refieren a la comparación entre tratamientos y minúsculas a la comparación entre días de evaluación ($p < 0.05$), mientras que "ns": no significativo.

Con respecto a la pérdida de electrolitos (%PE), no se obtuvieron diferencias significativas entre los frutos control y tratados al momento de retirarlos del almacenamiento refrigerado, pero luego de 2 días a temperatura ambiente la pérdida de electrolitos fue menor en los frutos tratados, con excepción del día 2 en el que no se observaron diferencias entre tratamientos (Figura 5).

Se evaluó el pardeamiento de la pulpa de los frutos como el cambio de color respecto al color medido cuando el fruto se retiró de refrigeración y el medido luego de 48 h transferidos a temperatura ambiente (ΔE_{2000} pulpa). El cambio de color de la pulpa fue significativamente menor en los frutos tratados térmicamente (Figura 6).

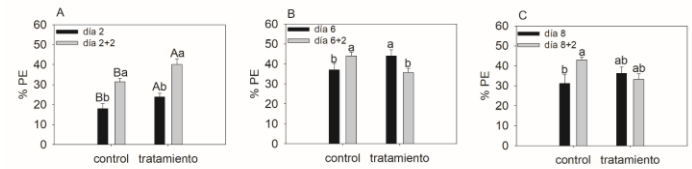


Figura 5 - Porcentaje de pérdida de electrolitos de los frutos control y tratados térmicamente, durante los días de almacenamiento refrigerados (2, 6 y 8) y al cabo de las 48 h de transferidos a temperatura ambiente (panel A: 2+2, panel B: 6+2, panel C: 8+2). Las barras verticales representan el error estándar. Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí ($p < 0.05$).

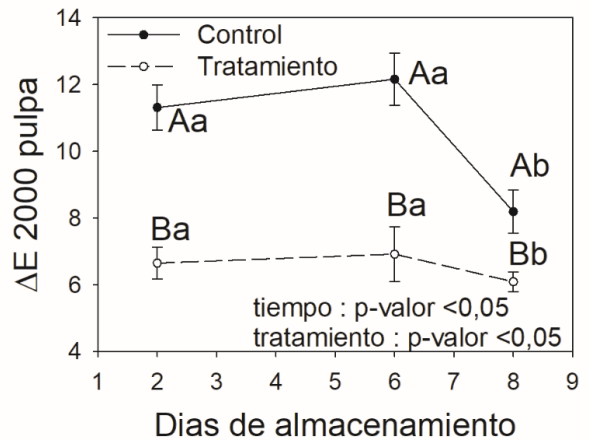


Figura 6 - Diferencia de color de pulpa (ΔE_{2000} pulpa) entre el día de salida de la refrigeración y las 48 h posteriores de almacenamiento a temperatura ambiente. Las barras verticales representan el error estándar. Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí, mientras que letras mayúsculas se refieren a la comparación entre tratamientos y minúsculas a la comparación entre días de evaluación ($p < 0.05$).

DISCUSION

Uno de los principales desafíos para promover el consumo de los frutos "Sietecapotes", es lograr un manejo poscosecha adecuado que permita conservar sus características organolépticas durante el almacenamiento y dado que es un fruto con vida poscosecha muy breve, recurrimos al uso de tecnologías físicas de bajo impacto ambiental que permitan reducir las pérdidas poscosecha, entre ellas refrigeración y tratamientos térmicos [24]. Para avanzar en esta dirección es importante contar con información documentada sobre el comportamiento de los frutos "Sietecapotes" en poscosecha. Actualmente existe escasa información al respecto.

En este contexto, en un primer ensayo caracterizamos el comportamiento poscosecha de los frutos una vez que llegaron al laboratorio, bajo dos condiciones de almacenamiento, temperatura ambiente y refrigerados. Evaluamos los cambios asociados a la maduración de los frutos durante el almacenamiento, como cambios de color y textura, sólidos solubles totales y acidez titulable. Estos cambios dependen de cada fruto en particular pero, el comportamiento típico durante el almacenamiento es un cambio de color superficial con un aumento en el ablandamiento del fruto y en cuanto a compuestos asociados al sabor ocurre el incremento del contenido de sólidos solubles y la disminución de la acidez titulable [25]. Tal es el caso de tomate y manzana, frutos que a medida que maduran se vuelven menos ácidos y más dulces [26,27]. Durante la vida poscosecha de "Sietecapotes", no se aprecian cambios superficiales en el color verde característico de la piel del fruto, pero durante el almacenamiento a temperatura ambiente se observaron cambios significativos en la firmeza. Este comportamiento sugiere que para definir el momento óptimo de cosecha será más adecuado considerar la firmeza

que el color superficial en el caso de "Sietecapotes". Algo similar se observó en guayabo del país (*Acca sellowiana*) [14] y algunas variedades de kiwi (*Actinidia deliciosa*) [28], coincidentemente estos frutos son de color verde, lo cual dificulta la observación de cambios en el color superficial asociados a la maduración del fruto a simple vista [29]. De acuerdo con los estudios sobre diferencia de colores, los elipsoides que describen la región de tolerancia, es decir la incapacidad de distinguir entre dos colores diferentes, son mayores en la gama del color verde y por lo tanto son necesarios mayores valores de ΔE_{2000} para poder diferenciarlos entre sí [29].

En cuanto a parámetros asociados al sabor, no se produjeron cambios significativos en la concentración de sólidos solubles, este comportamiento ha sido descrito anteriormente para frutos subtropicales como guayabo (*Psidium guajava*) [30]. Respecto a la acidez titulable en sietecapotes, se observó una tendencia a aumentar durante el almacenamiento, comportamiento comparable a lo observado en frutilla [31] y kiwi [32].

En el primer ensayo, se observó un comportamiento anómalo de la firmeza y el pardeamiento de la pulpa de los frutos durante el almacenamiento refrigerado. Sumado a esto, el almacenamiento refrigerado no mostró ventajas respecto al almacenamiento a temperatura ambiente, con la excepción de un retraso en la aparición de hongos. Estos síntomas y el hecho de que los frutos sietecapotes son frutos de una región tropical/subtropical, condujeron a pensar en la posibilidad de que los frutos sufren daño por frío a la temperatura de almacenamiento refrigerado que utilizamos. Esto representa un problema importante para trabajar con los frutos de la Selva Misionera ya que inevitablemente serán refrigerados para su traslado.

El daño por frío es una alteración fisiológica, asociada a frutos tropicales y subtropicales, que puede ocurrir en cualquier punto de la cadena poscosecha en la que los productos se expongan a temperaturas de refrigeración inadecuadas [33,34]. Como se ha mencionado anteriormente, una de las tecnologías limpias que ha dado muy buen resultado para mitigar los efectos del daño por frío son los tratamientos térmicos [35,36]. Por lo tanto, en un segundo ensayo se propuso utilizar un tratamiento térmico por inmersión, previo a la refrigeración, para disminuir la posibilidad del desarrollo de daño por frío en los frutos sietecapotes refrigerados. Para estimar el daño por frío evaluamos el cambio de color en la pulpa del fruto y la pérdida de electrolitos. Ambos parámetros se relacionan con daños a nivel de membranas celulares, uno de los procesos que se asocian a este desorden fisiológico [37–40]. Para ambos parámetros se obtuvieron mejores resultados en los frutos que se trataron térmicamente antes de la refrigeración lo que sugiere que el tratamiento tuvo efecto para disminuir la pérdida de electrolitos y el pardeamiento de la pulpa. Adicionalmente, los frutos tratados térmicamente se mantuvieron firmes por 2 días a temperatura ambiente luego de 2 y 6 días de almacenamiento refrigerado mientras los controles se ablandaron. Este resultado se acompañó de menor ataque de patógenos en los frutos tratados. Resultados similares se han documentado sobre los tratamientos térmicos utilizados para disminuir el daño por frío en berenjenas y en pimientos [19,37].

Por otro lado, la respiración de los frutos cosechados es uno de los parámetros que se asocia a cambios importantes de la fisiología poscosecha [41]. En el caso del tratamiento térmico ensayado, las tasas respiratorias no presentaron diferencias respecto al control ni a lo largo

del tiempo, por lo cual se puede estimar que el metabolismo respiratorio no fue alterado con la aplicación del tratamiento. En otras especies subtropicales, como jabuticaba (*Plinia cauliflora*), para un tratamiento en agua a 20-25 °C por un tiempo de 10 minutos previo a la refrigeración se observó un retraso en el pico máximo en la tasa respiratoria, manteniendo así hasta por 45 días la calidad de poscosecha del fruto cuya vida útil es de 3 días de almacenamiento a temperatura ambiente y 30 días en refrigeración a 12 °C [17]. Resulta necesario seguir explorando combinaciones de tiempos y temperaturas de exposición al calor para obtener mejores resultados, al ser estos dos parámetros los más determinantes del efecto buscado especialmente en variables como la firmeza del fruto y el color de la pulpa.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que para la especie sietecapotes, el almacenamiento en refrigeración es una estrategia sencilla para aumentar la vida poscosecha conservando las características organolépticas deseables. Sin embargo, la temperatura de refrigeración utilizada (8 °C) no sería adecuada para estos frutos ya que se observaron síntomas que sugieren daño por frío. El tratamiento térmico por inmersión utilizado, previo a la refrigeración, sería una estrategia adecuada para prevenir el daño por frío ya que permitió obtener menores pérdidas de frutos, los cuales resultaron más firmes, casi sin daño por patógenos y con menor pérdida de electrolitos. Es necesario seguir trabajando para optimizar el tratamiento térmico adecuado, ensayar otras combinaciones tiempo/temperatura de modo de lograr mayores diferencias respecto al control.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, "Resolución 176/22," **2022**.
- [2] S.B. Marcuzzo and M.B. Fagundes, "Know to preserve: Can the taste of native fruits change perceptions in favor of environmental conservation?," *Trees, Forests and People*. **10**, **2022**, 100337.
- [3] C.A. Zanotti, H.A. Keller and F.O. Zuloaga, "Vascular flora biodiversity of the province of Misiones, Paranaense region, Argentina," *Darwiniana*. **8**, **2020**, 42–291.
- [4] V. Furlan, M.L. Pochettino and N.I. Hilgert, "Management of fruit species in urban home gardens of Argentina Atlantic Forest as an influence for landscape domestication," *Frontiers in Plant Science*. **8**, **2017**, 1–12.
- [5] Secretaría de regulación y gestión sanitaria y secretaría de alimentos y bioeconomía, "Resolución Conjunta 7/2019," **2019**.
- [6] C.M.R. dos Santos, A.G. Ferreira and M.E.A. Áquila, "Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul," *Ciência Florestal*. **14**, **2004**, 13.
- [7] M.T. Souza, M.T. Souza and M. Panobianco, "Morphological characterization of fruit, seed and seedling," and seed germination test of *Campomanesia guazumifolia*, *Journal of Seed Science*. **40**, **2018**, 75–81.
- [8] E. Gressler, M.A. Pizo and L.P.C. Morellato, "Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil," *Revista Brasileira de Botânica*. **29**, **2006**, 509–530.
- [9] H. a Keller, "Unidades de vegetación y recursos florísticos en una aldea Mbya Guaraní de Misiones, Argentina," *Kurtziana*. **33**, **2007**, 175–191.
- [10] W. Zhang, H. Jiang, J. Cao and W. Jiang, "Advances in biochemical mechanisms and control technologies to treat chilling injury in postharvest

- fruits and vegetables," *Trends in Food Science & Technology*. 113, **2021**, 355–365.
- [11] J.E. Alba-Jiménez, P. Benito-Bautista, G.M. Nava, D.M. Rivera-Pastrana, M.E. Vázquez-Barrios and E.M. Mercado-Silva, "Chilling injury is associated with changes in microsomal membrane lipids in guava fruit (*Psidium guajava* L.) and the use of controlled atmospheres reduce these effects," *Scientia Horticulturae*. 240, **2018**, 94–101.
- [12] A.-A.S. Al-Harthy, "Postharvest treatments to extend the storage life of feijoa (*Acca sellowiana*)," *Thesis*, **2010**, 178.
- [13] R.C. Franzon, S. Carpenedo, M.D. Viñoly and M. do C.B. Raseira, "Pitanga— *Eugenia uniflora* L.," *Exotic Fruits*, **2018**, 333–338.
- [14] W.C. Schotsmans, A. East, G. Thorp and A.B. Woolf, "Feijoa (*Acca sellowiana* [Berg] Burret)," Woodhead Publishing Limited, **2011**.
- [15] M. Vizzotto, L. Cabral and A. Santos, "Pitanga (*Eugenia uniflora* L.)," *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. 4, **2011**
- [16] D.M. Pott, J.G. Vallarino and S. Osorio, "Metabolite Changes during Postharvest Storage: Effects on Fruit Quality Traits," *Metabolites*. 10, **2020**, 187.
- [17] L.C.C. Salomão, D.L. de Siqueira, C.F. Aquino and L.C.R. de Lins, "Jabuticaba— *Myrciaria* spp.," in: *Exotic Fruits*, Elsevier, **2018**, 237–244.
- [18] H. Endo, K. Ose, J. Bai and Y. Imahori, "Effect of hot water treatment on chilling injury incidence and antioxidative responses of mature green mume (*Prunus mume*) fruit during low temperature storage," *Scientia Horticulturae*. 246, **2019**, 550–556.
- [19] J. Kantakhoo, K. Ose and Y. Imahori, "Effects of hot water treatment to alleviate chilling injury and enhance phenolic metabolism in eggplant fruit during low temperature storage," *Scientia Horticulturae*. 304, **2022**, 111325.
- [20] N.Y. Salazar-Salas, D.A. Chairez-Vega, M. Vega-Alvarez, D.G. González-Nuñez, K.V. Pineda-Hidalgo, J. Chávez-Ontiveros, F. Delgado-Vargas and J.A. Lopez-Valenzuela, "Proteomic changes in mango fruit peel associated with chilling injury tolerance induced by quarantine hot water treatment," *Postharvest Biology and Technology*. 186, **2022**, 111838.
- [21] G. Sharma, W. Wu and E.N. Dalal, "The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations," *Color Res Appl*. 30, **2005**, 21–30.
- [22] AOAC, "Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL," 18th ed., AOAC INTERNATIONAL, USA, **2005**.
- [23] J.A. Di Rienzo, F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada and C.W. Robledo, InfoStat versión 2020, **2020**
- [24] J. Yao, W. Chen and K. Fan, "Recent advances in light irradiation for improving the preservation of fruits and vegetables: A review," *Food Bioscience*. 56, **2023**, 103206.
- [25] M. Bouzayen, A. Latché, P. Nath and J.C. Pech, "Mechanism of Fruit Ripening," in: *Plant Developmental Biology - Biotechnological Perspectives*, E.C. Pua, and M.R. Davey, eds., Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, **2010**, 319–339.
- [26] R. Alba, P. Payton, Z. Fei, R. McQuinn, P. Debbie, G.B. Martin, S.D. Tanksley and J.J. Giovannoni, "Transcriptome and Selected Metabolite Analyses Reveal Multiple Points of Ethylene Control during Tomato Fruit Development," *The Plant Cell*. 17, **2005**, 2954–2965.
- [27] S.A. Ganai, H. Ahsan, A.H. Rather, S.M. Wani, J. Iqbal, Q.A. Amin, I.A. Wani and A.A. Lone, "Effect of harvest maturity and postharvest treatments on some chemical parameters of apple cv. Red delicious," *International Journal of Advanced Research*. 2, **2014**, 25–33.
- [28] M. Montefiori, T.K. McGhie, I.C. Hallett and G. Costa, "Changes in pigments and plastid ultrastructure during ripening of green-fleshed and yellow-fleshed kiwifruit," *Scientia Horticulturae*. 119, **2009**, 377–387.
- [29] P. Goldstein, "Non-MacAdam color discrimination ellipses," G.G. Gregory, and A.J. Davis, eds., San Diego, California, USA, **2012**, 84870A.
- [30] J. Suárez, M. Pérez de Camacaro and A. Giménez, "Efecto de la temperatura y estado de madurez sobre la calidad poscosecha de la fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.) procedente de MERCABAR, estado Lara, Venezuela," *Revista Científica UDO Agrícola*. 9, **2009**, 60–69.
- [31] J. Pan, A.R. Vicente, G.A. Martínez, A.R. Chaves and P.M. Civello, "Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit," *J Sci Food Agric*. 84, **2004**, 1831–1838.
- [32] G. Gullo, A. Dattola, G. Liguori, V. Vonella, R. Zappia and P. Inglese, "Evaluation of fruit quality and antioxidant activity of kiwifruit during ripening and after storage," *JBR*. 6, **2016**, 25–35.
- [33] R. Indiarito, "Post-Harvest Handling Technologies of Tropical Fruits: A Review," *IJETER*. 8, **2020**, 3951–3957.
- [34] L.L. Morris, "Chilling Injury of Horticultural Crops: an Overview," *Horts*. 17, **1982**, 161–162.
- [35] M.S. Aghdam and S. Bodbodak, "Physiological and biochemical mechanisms regulating chilling tolerance in fruits and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments," *Scientia Horticulturae*. 156, **2013**, 73–85.
- [36] P.V. Mahajan, O.J. Caleb, Z. Singh, C.B. Watkins and M. Geyer, "Postharvest treatments of fresh produce," *Phil Trans R Soc A*. 372, **2014**, 20130309.
- [37] A. Concellón, M. Añon and A. Chavez, "Effect of chilling on ethylene production in eggplant fruit," *Food Chemistry*. 92, **2005**, 63–69.
- [38] Y. Pan, S. Zhang, M. Yuan, H. Song, T. Wang, W. Zhang and Z. Zhang, "Effect of glycine betaine on chilling injury in relation to energy metabolism in papaya fruit during cold storage," *Food Science & Nutrition*. 7, **2019**, 1123–1130.
- [39] S. Promyou, S. Supapvanich, B. Boodkordand and M. Thangapiradeekajorn, "Alleviation of Chilling Injury in Jujube Fruit (*Ziziphus jujuba* Mill) by Dipping in 35 °C Water," *Agriculture and Natural Resources*. 46, **2012**, 107–119.
- [40] W.-F. Zhang, Z.-H. Gong, M.-B. Wu, H. Chan, Y.-J. Yuan, N. Tang, Q. Zhang, M.-J. Miao, W. Chang, Z. Li, Z.-G. Li, L. Jin and W. Deng, "Integrative comparative analyses of metabolite and transcript profiles uncovers complex regulatory network in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit undergoing chilling injury," *Sci Rep*. 9, **2019**, 4470.
- [41] C.L. Moretti, L.M. Mattos, A.G. Calbo and S.A. Sargent, "Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review," *Food Research International*. 43, **2010**, 1824–1832.