

Caracterización fisicoquímica y contenido antioxidante de frutas de *Physalis*

Chaiane Renata Grigolo
Marisa de Cacia Oliveira[§]
Edenes Schroll Loss
Juliane Ropelato
Tatiane Oldoni
Cintia Boeira Batista

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná-*Campus* Pato Branco. Via do Conhecimento km 1, Paraná, Brasil, CP. 85503-390. (chaigrigolo@hotmail.com; edenesloss@yahoo.com.br; tatioldoni@gmail.com; julianeropelato15@gmail.com; cbbatista@utfpr.edu.br).

[§]Autora para correspondencia: mcacia@utfpr.edu.br.

Resumen

Las bayas *Physalis*, de la familia Solanaceae, han alcanzado una gran aceptación en todo el mundo debido al sabor de la fruta y su posible uso medicinal. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la actividad antioxidante, las concentraciones de vitamina C, compuestos fenólicos y azúcares de frutas de dos especies de *Physalis* (*Physalis pubescens* L. y *Physalis peruviana* L.), así como sus variaciones durante el almacenamiento en dos temperaturas diferentes. El *Physalis* fue plantado en el oeste de Santa Catarina. Los frutos se cosecharon cuando las cápsulas eran de color amarillo pálido y luego se dividieron en tres grupos: frescos, refrigerados y congelados. Se evaluó el pH, sólido soluble totales, azúcares solubles totales, compuestos fenólicos, vitamina C y actividad antioxidante. Las frutas frescas de ambas especies presentaron mejores resultados para la mayoría de los parámetros analizados en comparación con las frutas refrigeradas y congeladas. La actividad antioxidante fue mayor en las frutas frescas para las dos especies de *Physalis*, experimentando una disminución cuando se acondiciona a bajas temperaturas. Los beneficios antioxidantes y los compuestos nutraceuticos se aprovechan mejor cuando las frutas se consumen frescas sin ningún proceso de almacenamiento a bajas temperaturas.

Palabras clave: *Physalis peruviana*, *Physalis pubescens*, almacenamiento.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: marzo de 2020

Introducción

La búsqueda de alimentos más saludables cultivados sin pesticidas y con propiedades que contribuyan al buen funcionamiento del cuerpo humano ha llevado a un aumento en el consumo de diversas variedades de verduras y frutas. Entre estos, está el *Physalis*, cuya fruta tiene un sabor dulce suave, niveles sustanciales de vitamina A y C, hierro, fósforo y buenos niveles de compuestos fenólicos.

Entre las más de 120 especies descritas (Li *et al.*, 2008), *Physalis peruviana* es la única que se cultiva y comercializa en todo el mundo (CABI, 2017). Por lo tanto, *P. peruviana* es también una de las especies más estudiadas con enfoque en la producción y presencia de compuestos bioactivos (Tomassini *et al.*, 2000; Puente *et al.*, 2011; Olivares-Tenorio *et al.*, 2016).

Sin embargo, otras especies de *Physalis* tienen el potencial de producir frutas destinadas al consumo humano y también para ser utilizadas como fuente de compuestos con alguna actividad biológica (Li *et al.*, 2008; Medina-Medrano *et al.*, 2015), como es el caso de *Physalis pubescens*, al que se le ha dado el estado de hierba (Lorenzi, 2008), pero tiene el potencial de convertirse en un cultivo alternativo para pequeños y medianos agricultores (Bertoncelli *et al.*, 2016; Ariati *et al.*, 2017).

La presencia de compuestos con potencial antioxidante en frutos de *Physalis*, especialmente vitamina C y compuestos fenólicos, hacen de las especies de este género un objeto de interés. Se sabe que los antioxidantes actúan sobre los radicales libres que pueden dar lugar a beneficios positivos para la salud, como el retraso del envejecimiento prematuro y el desarrollo de enfermedades, entre otros (Fontana *et al.*, 2000).

El *Physalis* se consume principalmente fresco, pero hay poca investigación, especialmente sobre la especie *Physalis pubescens*, sobre la composición química de las frutas. En este escenario, los estudios científicos más profundos son importantes para su caracterización, identificación y cuantificación de compuestos presentes en las frutas, permitiendo así la elaboración de nuevos productos con el *Physalis* como materia prima, agregando un mayor valor a este árbol frutal (Chaves *et al.*, 2004). Debido al bajo costo de la implantación, la facilidad de manejo y la adaptación edafoclimática favorable, el cultivo de *Physalis* ha ido ganando terreno, permitiendo un ingreso alternativo para los productores rurales.

La etapa de maduración de los frutos está relacionada con varias alteraciones químicas y físicas y la cosecha, así como la posterior conservación, son puntos importantes para garantizar las mejores características del producto y el mantenimiento de este.

Buscando explorar el potencial de producción y consumo de *Physalis pubescens* y *Physalis peruviana*, este estudio tuvo como objetivo evaluar la actividad antioxidante, las concentraciones de vitamina C, compuestos fenólicos y azúcares, así como sus variaciones durante el almacenamiento a dos temperaturas diferentes. La hipótesis del trabajo se basa en el hecho de que las frutas *Physalis* sometidas a almacenamiento a bajas temperaturas reducen la actividad antioxidante y pierden moléculas responsables de las características fisicoquímicas de las frutas frescas.

Materiales y métodos

Obteniendo el material

Las plántulas de *P. peruviana* y *P. pubescens* se obtuvieron de semillas de plantas cultivadas en camas en la Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus Pato Branco*. Las semillas se colocaron en macetas de 250 ml que contenían sustrato suelo previamente analizado para la determinación nutricional. Como resultado de estos análisis, se utilizó fertilizante orgánico bovino para complementar los macronutrientes, según los estudios de Bertonecelli *et al.* (2016); Ariati *et al.* (2017).

Instalación del experimento y cultivo de plantas

Se sembró dos semillas por maceta y 25 días después, solo se mantuvo una planta por maceta después del adelgazamiento. Las macetas *Physalis* se mantuvieron en un invernadero hasta que alcanzaron aproximadamente 15 cm de altura y la capacidad de campo del suelo se mantuvo mediante riego manual según fuera necesario.

Más tarde, las plántulas fueron trasplantadas a un campo en una propiedad privada en Galvão - SC ubicada a 26°27'18" S y 52°41'09" O, con una altitud de 655 m, en octubre de 2016. El clima en la región, confirmando con la clasificación de Köppen, es Cfa (clima subtropical húmedo). Según datos del sitio web de meteorología Climatempo (2017), durante el período en que las plantas permanecieron en el campo, la precipitación promedio fue de 174 mm, con una temperatura mínima de 15 °C y máxima de 25 °C.

Antes de trasplantar las plántulas al campo, el suelo se corrigió encalando y fertilizando con estiércol de ganado, según lo determinado por el informe de análisis del suelo. Cada planta recibió 1 500 kg de estiércol, esta cantidad se calculó a partir de los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio determinados por el análisis del compost. Los valores se basaron en el estudio desarrollado por Bertonecelli *et al.* (2016), que indicó la proporción de 300: 600: 500 kg ha⁻¹ de NPK.

Cosecha de frutas

Las frutas se cosecharon cuando las cápsulas eran de color amarillo pálido, aproximadamente 100 días después de la siembra en el campo y luego se sometieron a los siguientes tratamientos: frutas frescas, que se analizaron tan pronto como se recogieron; frutas almacenadas durante 60 días a 4 °C (frutas refrigeradas) y a -78 °C (frutas congeladas).

Análisis de muestra

Potencial hidrogenionico (pH)

Para la determinación del pH, primero se pesaron 5 g de frutas para cada una de las muestras y luego, se trituraron en 50 ml de agua destilada. La mezcla se filtró para obtener solo el jugo. La lectura directa se realizó a un medidor de pH calibrado al 93%.

Azúcares solubles totales

La determinación de azúcares solubles totales se realizó utilizando el método de fenol sulfúrico descrito por Dubois *et al.* (1956). Las lecturas de absorbancia se tomaron por espectrofotómetro a 490 nm y las concentraciones de azúcar se determinaron mediante una curva de glucosa estándar y se expresaron en mg de glucosa 100 g⁻¹ de fruta.

Sólidos solubles totales

El contenido total de sólidos solubles se obtuvo mediante lecturas directas en refractómetro digital, usando pulpa de fruta homogeneizada y filtrada, a temperatura ambiente, obteniendo los valores en grados Brix (°Brix).

Compuestos fenólicos totales

La determinación de los compuestos fenólicos totales se realizó mediante el método Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton (1999). La extracción se realizó utilizando etanol al 70% como disolvente. Las muestras se sometieron a agitador a 60 °C durante 30 min. Las lecturas de absorbancia se tomaron a 740 nm por espectrofotómetro usando ácido gálico como estándar. Los resultados se expresaron como mg EAG 100 g⁻¹ de fruta.

Vitamina C

Los jugos analizados se obtuvieron mediante extracción manual. Las muestras se llevaron a un volumen conocido con ácido metafosfórico al 3%, se filtraron y se colocaron en matraces ámbar. El ácido ascórbico se determinó mediante cromatografía líquida de alta resolución, con ácido ascórbico estándar, en las siguientes condiciones: columna C18 ACE, fase móvil eluyendo en modo isocrático con fase A compuesta de agua acidificada con ácido acético al 0.05% y fase B, metanol, en la proporción de 30:70 con un flujo de 1 mL min⁻¹, temperatura de la columna 30 °C y detector de disposición de diodos (DAD) que funcionan a longitudes de onda de 210 nm y 243 nm. Se realizó la inyección de 20 µl, con un tiempo de ejecución total de 9 minutos. Los resultados se expresaron como mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de fruta.

Actividad antioxidante

La determinación de la actividad antioxidante se basó en el método de secuestro de radicales DPPH (2,2-difenil-1-picrylhydrazyl) expresado en referencia a Trolox. Se añadieron partes alícuotas de 0.5 ml de muestras a 3 ml de etanol y 0.3 ml de solución de DPPH. El control negativo se realizó en las mismas condiciones, pero sin adición de DPPH, utilizando un volumen de 3.3 ml de etanol. Las muestras se mantuvieron en la oscuridad durante 30 min. Posteriormente, las lecturas de absorbancia se tomaron en un espectrofotómetro a 517 nm. Los resultados se expresaron en µmol de Trolox por gramo de fruta y se calcularon a partir de una curva Trolox.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones y tres tratamientos (frutas frescas, refrigeradas y congeladas). El mismo estudio se realizó con dos especies diferentes

de *Physalis* (*P. peruviana* y *P. pubescens*). Los datos se sometieron a análisis de varianza y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significación de 95% ($p < 0.05$), mediante el software OriginPro 8.5 (2017).

Resultados y discusión

El efecto de las temperaturas en el almacenamiento de *Physalis* condujo a una ligera acumulación de ácidos en las frutas refrigeradas y congeladas. Sin embargo, solo *P. pubescens* tuvo un pH significativamente diferente (Cuadro 1).

Cuadro 1. pH de frutas de dos especies de *Physalis* sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento.

Almacenamiento	<i>Physalis pubescens</i>	<i>Physalis peruviana</i> ^{ns}
Frutas frescas	4.66 a*	4.38
Frutas refrigeradas	4.38 b	4.26
Frutas congeladas	4.37 b	4.26

*= valores de medias de las tres réplicas. ^{ns}= no significativo. Las medias seguidas de letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Durante el almacenamiento y el proceso respiratorio es común la metabolización de los ácidos orgánicos, lo que resulta en valores más altos de pH (Aguiar *et al.*, 2012; Lima *et al.*, 2013). Cuando las frutas se almacenan a bajas temperaturas, la respiración tiende a disminuir y, en consecuencia, el medio se acidifica y los ácidos orgánicos se acumulan. Muniz *et al.* (2017) observaron el mismo comportamiento para las frutas de fresa y guayaba, que cuando se almacenaron a 2 °C, el pH fue más bajo (pH = 3.17) que las que se mantuvieron a 25 °C de ambiente (pH= 3.21).

Para *P. peruviana*, Lima *et al.* (2013) observaron valores más bajos de pH, que variaron entre 3.4 y 3.5 para las frutas almacenadas a 4 °C y estos valores de pH aumentaron ligeramente a lo largo de 8 días, pero permanecieron más bajos que los obtenidos con las frutas mantenidas a 20 °C (pH= 3.6).

Resultados similares se encontraron en estudios de Silva *et al.* (2013), cuando el comportamiento del pH para las frutas de *P. peruviana* sometidas a una temperatura de 5°C mostró una fuerte disminución con el aumento en el tiempo de almacenamiento, variando de 3.85 a 3.67 a los 28 días de almacenamiento. Los resultados encontrados por Silva *et al.* (2013) difieren de los resultados encontrados para *P. peruviana* en el presente estudio. Silva *et al.* (2013) y Lima *et al.* (2009) encontraron rangos de pH más bajos de 3.52 a 3.61 para frutas frescas de *P. peruviana*, así como Bertoncelli *et al.* (2016); Ariati *et al.* (2017) que obtuvieron valores de 3.4 a 3.8 para *P. pubescens*.

Estos estudios difieren de los resultados encontrados en este trabajo, pero pueden explicarse por las diferentes condiciones de crecimiento. Para Lancho *et al.* (2007), el pH de la fruta experimenta una gran variación según las condiciones en que se cultivan las plantas y por lo tanto, no es muy eficiente para ayudar a determinar el tiempo de cosecha más adecuado.

En ambas especies de *Physalis*, las concentraciones de azúcares solubles totales en frutas frescas fueron más altas. A bajas temperaturas hubo diferencias significativas entre los tratamientos que muestran que azúcares solubles se perdieron parcialmente en las frutas almacenadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Azúcares solubles totales (mg de glucosa 100 g⁻¹ de fruta) de frutas de dos especies de *Physalis* sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento.

Almacenamiento	<i>Physalis pubescens</i>	<i>Physalis peruviana</i>
Frutas frescas	39.38 a*	36.9 a
Frutas refrigeradas	33.25 b	28.4 b
Frutas congeladas	33.6 b	25.95 c

*= valores de medias de las tres réplicas. Las medias seguidas de letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Olivares-Tenório *et al.* (2017) evaluaron tres temperaturas de almacenamiento para *P. peruviana* (4, 8 y 12 °C) y encontraron un aumento en el contenido de glucosa y fructosa durante el período de almacenamiento (hasta 76 días), mientras que los niveles de sacarosa disminuyeron. Sin embargo, se obtuvieron varios resultados diferentes en estudios con diferentes especies de plantas.

En el calabacín, en una de las variedades probadas hubo una mayor concentración de azúcares solubles a lo largo del período de almacenamiento a una temperatura de 4 °C, mientras que en la segunda variedad no hubo cambios. A 20 °C en ambas variedades hubo una disminución de azúcares solubles con el tiempo de almacenamiento (Palma *et al.*, 2014). Las frutas de mango almacenadas a 4 °C y 30 °C mostraron aumentos en la concentración de azúcares solubles totales hasta el día 12 de almacenamiento, mientras que a -10 °C los valores permanecieron casi sin cambios (Hossain *et al.*, 2014).

En el caso específico de *Physalis*, los valores más bajos de azúcares solubles totales en frutas refrigeradas pueden significar una frecuencia respiratoria baja y complementaria, Gorny *et al.* (1998) demuestra que incluso a bajas temperaturas (0 a 5 °C) la respiración persiste para varias especies de plantas, y que depende de la concentración de O₂ y CO₂ en el medio ambiente.

La reducción de azúcares también se observó a través del análisis de sólidos solubles totales (Cuadro 3). Las frutas frescas de ambas especies presentaron valores de 15 °Brix, con pequeñas pérdidas cuando se sometieron a almacenamiento a bajas temperaturas, pero sin diferencias significativas entre la refrigeración y la congelación.

Cuadro 3. Sólidos solubles totales (°Brix) de frutas de dos especies de *Physalis* sujetas a diferentes condiciones de almacenamiento.

Almacenamiento	<i>Physalis pubescens</i>	<i>Physalis peruviana</i>
Frutas frescas	15 a*	15 a
Frutas refrigeradas	14 b	13 b
Frutas congeladas	14 b	12 b

*= valores de medias de las tres réplicas. Las medias seguidas de letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

En las frutas de *P. peruviana* almacenadas bajo refrigeración hubo una reducción en el contenido de sólidos solubles de 14 °Brix a 11 °Brix (Lima *et al.*, 2009). La reducción de estos compuestos durante el almacenamiento puede atribuirse, en parte, al mantenimiento del proceso respiratorio, para frutas refrigeradas (Vieites *et al.*, 2012).

Sin embargo, debido a que la congelación inactiva varias enzimas, es posible que la reducción de azúcares se haya producido durante los análisis; es decir, después de la descongelación de las muestras para las pruebas. Antunes *et al.* (2003) también observaron una reducción en la concentración de sólidos solubles durante el período de almacenamiento para los cultivares de mora sometidos a refrigeración durante 12 días.

Las regulaciones del Codex Stan (2005) establecen que las frutas *Physalis* deben tener al menos 14 °Brix para ser comercializadas. Por lo tanto, los frutos de *P. pubescens*, independientemente del tratamiento de almacenamiento, serían adecuados para la comercialización.

Sin embargo, *P. peruviana* solo se podía comercializar como frutas frescas dado que las frutas se mantenían en refrigeración y congelación, aunque no presentaban diferencias significativas, no cumplían con los estándares mínimos establecidos por el reglamento. Las frutas *Physalis* almacenadas a -78 °C mostraron una reducción significativa en la concentración de compuestos fenólicos, que difieren de otros tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Compuestos fenólicos (mg EAG* 100 g⁻¹ fruta) de frutas de dos especies de *Physalis* sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento.

Almacenamiento	<i>Physalis pubescens</i>	<i>Physalis peruviana</i>
Frutas frescas	84 a**	77 a
Frutas refrigeradas	82 a	75 a
Frutas congeladas	56 b	39 b

*= EAG equivalente de ácido gálico; **= valores de medias de las tres réplicas. Las medias seguidas de letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Galani *et al.* (2017), al evaluar varias especies de plantas, descubrieron que, si bien las manzanas y algunos otros cultivos hortícolas tuvieron un aumento en el contenido de fenoles después de 15 días almacenados a 4 °C, hubo una disminución para los mismos compuestos en tomate, plátano, uvas y jugo de naranja, en comparación con los niveles encontrados en la cosecha.

En otro estudio, las fresas mantenidas a temperaturas de 5 °C y 10 °C también tuvieron un aumento en el contenido total de fenol, pero a 0 °C se mantuvo constante (Ayala-Zavala *et al.*, 2004). A pesar de eso, para el zapote el almacenamiento a temperaturas elevadas causó una reducción en el contenido de fenoles y las reducciones más bajas ocurrieron a 6 °C y 10 °C, en períodos de dos a veinte días (Camargo *et al.*, 2016).

Los compuestos fenólicos juegan varios papeles en las plantas, dándoles características específicas como color, sabor, aroma, etc. y muchas tienen actividad antioxidante. Por lo tanto, los resultados demuestran que estas sustancias pueden perderse durante la conservación a temperaturas negativas, reduciendo también la calidad de las frutas en relación con sus características nutricionales y nutraceuticas.

Fue evidente en este estudio que, independientemente de la condición de almacenamiento de la fruta, ambas especies presentaron niveles moderados de compuestos fenólicos, que difieren de los valores señalados en la literatura para *Physalis*, que son alrededor de 136 y 210 mg EAG 100 g⁻¹ de fruta en frutas frescas de *P. peruviana* (Severo *et al.*, 2010). Sin embargo, Rockenbach *et al.* (2008) y Puente *et al.* (2011) obtuvieron valores promedio de 40 mg EAG 100 g⁻¹ de muestra en frutas de *P. peruviana*, siendo inferiores a los valores encontrados en este estudio.

Por lo tanto, tanto las condiciones de crecimiento como las metodologías de análisis utilizadas pueden haber contribuido a la gran variación dentro o entre especies. Con respecto a la vitamina C (Figura 1) el almacenamiento a bajas temperaturas causó su degradación, pero se observó un ligero aumento en las frutas refrigeradas de *P. pubescens* (Cuadro 5).

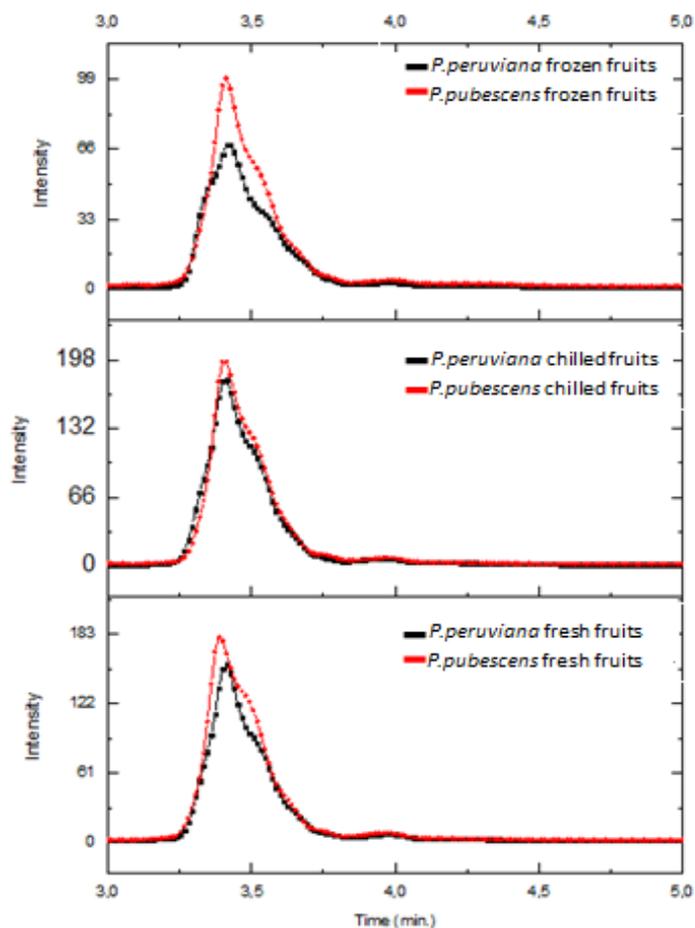


Figura 1. Cromatograma obtenido por HPLC del estándar de ácido ascórbico de frutas congeladas, refrigeradas y frescas de *P. peruviana* y *P. pubescens*.

Aunque varios estudios apuntan a una disminución en el contenido de ácido ascórbico durante el almacenamiento, el pequeño aumento puede estar justificado por la variabilidad entre las plantas, incluso si se cultiva en condiciones idénticas. Galani *et al.* (2017) afirman que la amplia variación en el contenido de vitamina C puede estar relacionada con la extracción y otras metodologías aplicadas, citando varios estudios que muestran resultados diferentes. Estos autores probaron diferentes métodos de análisis y también encontraron variaciones en los niveles de esta vitamina.

Cuadro 5. Vitamina C (mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de fruta) de frutas de dos especies de *Physalis* sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento.

Almacenamiento	<i>Physalis pubescens</i>	<i>Physalis peruviana</i>
Frutas frescas	25.11 b*	28.78 a
Frutas refrigeradas	27.39 a	27.6 b
Frutas congeladas	20.93 c	20.58 c

*= valores de medias de las tres réplicas. Las medias seguidas de letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Cuando utilizaron el método de titulación, de las 19 plantas (incluyendo frutas y hojas anchas) almacenadas a 4 °C durante 15 días, solo la granada tuvo un aumento de 34.35% en el contenido de vitamina C, mientras que las otras plantas mostraron pérdidas en este contenido, siendo el tomate que ahora tiene la mayor tasa de pérdida de vitamina C (71.8%). A través, del método DNP (2,4-dinitrofenilhidrazina), el repollo, la coliflor, el zapote y la naranja tuvieron incrementos no significativos en el contenido de ácido ascórbico. Por lo tanto, se pueden encontrar variaciones según las especies y las diferentes metodologías.

Cuando se evaluó la actividad antioxidante, la fruta fresca *P. pubescens* mostró la tasa más alta y fue significativamente diferente de las frutas almacenadas a bajas temperaturas. A pesar de la menor actividad, se observó el mismo patrón para *P. peruviana* (Cuadro 6).

Cuadro 6. Actividad antioxidante (μmol de Trolox/g de fruta) de frutas de dos especies de *Physalis* sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento.

Almacenamiento	<i>Physalis pubescens</i>	<i>Physalis peruviana</i>
Frutas frescas	3.75 a*	1.69 a
Frutas refrigeradas	1.37 b	1.46 b
Frutas congeladas	1.01 b	1.15 b

*= valores de medias de las tres réplicas. Las medias seguidas de letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Galani *et al.* (2017), probaron la actividad antioxidante de varias especies, incluido el tomate, y verificaron la reducción de esta actividad con almacenamiento a 4 °C durante 15 días. Sin embargo, la reducción de la capacidad antioxidante no es la regla. Algunos estudios apuntan a resultados diferentes con frutas pequeñas, como la fresa, la frambuesa, la grosella roja y otras, donde se encontraron tanto la disminución como la mejora de la actividad antioxidante y dependían de la especie, la temperatura (-20 °C, 4 °C ó 25 °C) tiempo de almacenamiento y metodología de análisis (Samec *et al.*, 2011, 2015).

La baja actividad antioxidante obtenida en *P. peruviana* ha sido descrita por Severo *et al.* (2010) y Vasco *et al.* (2008), con valores que van desde 1.14 a 1.73 μmol TE g⁻¹ y 0.7 μmol TE g⁻¹, respectivamente, por lo que se describe que los frutos de esta especie tienen una capacidad antioxidante reducida, en comparación con la mora, la guayaba y el mango. Sin embargo, en otros estudios, como de Rutz *et al.* (2012), se obtuvieron valores de aproximadamente 9.71 μmol TE g⁻¹ en frutas frescas.

Además de las diferentes metodologías utilizadas, las condiciones de crecimiento, almacenamiento y otros factores intrínsecos son responsables de la variación en las respuestas encontradas para la misma especie (Silva, 2013).

Conclusiones

En general, el almacenamiento de frutas de ambas especies de *Physalis*, a bajas temperaturas, provocó pérdidas de moléculas responsables de algunas de las características de las frutas frescas, y la congelación, a pesar de considerarse una forma de mantener la viabilidad de la fruta, puede no estar indicada para la conservación de compuestos importantes en la alimentación humana. Es evidente que las temperaturas muy bajas, como $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$, están restringidas a condiciones extremas y no representan el equipo que se encuentra en la casa de los consumidores, pero ayuda a comprender el comportamiento y el mantenimiento de los compuestos bioactivos presentes en los alimentos frescos.

Para ambas especies de *Physalis*, los métodos de almacenamiento refrigerados y congelados causaron una disminución en la capacidad antioxidante de las frutas y pérdida de características fisicoquímicas de frutas frescas. Sin embargo, se sabe que otros compuestos pueden actuar como antioxidantes, por ejemplo, compuestos fenólicos. Por lo tanto, se requieren más estudios para probar o no estos hallazgos.

Agradecimientos

Gracias a la Universidade Tecnológica Federal do Paraná por la estructura y los materiales y a la Fundação Araucária por la concesión de recursos financieros.

Literatura citada

- Aguiar, F. P. C.; Abrahão, R. M. S.; Anjos, V. D. A. e Benato, E. A. 2012. Determinação da vida útil de tomate tipo cereja e 'Sweet Grape'. Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica. 6:1-10.
- Antunes, L.; Filho, J. and Souza, C. 2003. Postharvest conservation of blackberry fruits. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 38(3):413-419. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000300011>.
- Ariati, A. C.; Oliveira, M. C.; Loss, E. M. S.; Bosse, M. A.; Grigolo, C. R. and Bolina, C. O. 2017. Effects of mineral and organic nitrogen on chemical characteristics of *Physalis* fruits. J. Agron. 16(2):94-100. <http://dx.doi.org/10.3923/ja.2017.94.100>.
- Ayala-Zavala, J. F.; Wangb, S. Y.; Wanga, C. Y. and González-Aguilar, G. A. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. LWT- Food Sci. Technol. 37(7):687-695. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2004.03.002>.
- Bertoncelli, D. J.; Oliveira, M.; Bolina, C.; Passos, A. I.; Ariati, A. C. and Ortolan, A. 2016. Chemical characteristics of fruits of two species of *Physalis* under nitrogen fertilization. African J. Agric. Res. 11(20):1872-1878. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.11031>.
- CABI. 2017. Centre for Agriculture and Bioscience International (*Physalis peruviana* (Cape gooseberry)). Invasive Species Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/40713>.

- Camargo, J. M.; Dunoyer, A. T. and García-Zapateiro, L. A. 2016. The effect of storage temperature and time on total phenolics and enzymatic activity of sapodilla (*Achras sapota* L.). Rev. Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 69(2):7955-7963. <http://dx.doi.org/10.15446/rfna.v69n2.59140>.
- Chaves, M.; Gouveia, J.; Almeida, F.; Leite, J. e Silva, F. 2004. Caracterização físico-química do suco da acerola. Revista de Biologia e Ciências da Terra. 4(2):1-10.
- Codex Stan. 2005. Norma del codex para la uchuva. n. 226. <http://www.fao.org/fao-whocodexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253a%252f%252fworkspace.fao.org%252fsites%252fcodex%252fstandards%252fcodex%2bstan%2b226-2001%252fcxs.226s.pdf>.
- Dubois, M.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry. 28(3):350-356. <http://dx.doi.org/10.1021/ac60111a017>.
- Fontana, J. D.; Mendes, S. V.; Persike, D. S.; Peracetta, L. F. e Passos, M. 2000. Carotenoides: Cores atraentes e ação biológica. Rev. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento. 2(13):40-45.
- Galani, J. H. Y.; Patel, J. S.; Patel, N. J. and Talati, J. G. 2017. Storage of fruits and vegetables in refrigerator increases their phenolic acids but decreases the total phenolics, anthocyanins and vitamin C with subsequent loss of their antioxidant capacity. Antioxidants. 59(6):1-19. <http://dx.doi.org/10.3390/antiox6030059>.
- Gorny, J. R.; Hess-Pierce, B. and Kader, A. A. 1998. Effects of fruit ripeness and storage temperature on the deterioration rate of fresh-cut peach and nectarine slices. Hortscience. 33(1):110-113.
- Hossain, A.; Rana, M.; Kimura, Y. and Roslanz, H. A. 2014. Changes in biochemical characteristics and activities of ripening associated enzymes in mango fruit during the storage at different temperatures. J. Bio. Biotechnol. 1-11 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/232969>.
- Lanchero, O.; Velandia, G.; Fischer, G.; Varela, N. C. y García, H. 2007. Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 8(1):61-68. http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol8_num1-art:84.
- Li, Y. Z.; Pan, Y. M.; Huang, X. Y. and Wang, H. S. 2008. Withanolides from *Physalis alkekengi* var. *franchetii*. Helvetica Chimica Acta. 91(12):2284-2291. <http://dx.doi.org/10.1002/hlca.200890248>.
- Lima, C.; Severo, J.; Manica-Berto, R.; Silva, J.; Rufato, L. and Rufato, A. 2009. Chemical characteristics of cape-gooseberry fruits in different sepal colors and training systems. Rev. Bras. Frutic. 31(4):1061-1068. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000400020>.
- Lima, C.; Severo, J.; Andrade, S.; Affonso, L.; Rombaldi, C. and Rufato, A. 2013. Post-harvest quality of Cabe-gooseberry under room temperature and refrigeration. Rev. Ceres. 60(3):311-317. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000300002>.
- Lorenzi, H. 2008. Plantas Daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 4 ed. Nova Odessa. 604-640 pp.
- Medina-Medrano, J. R.; Almaraz-Abarca, N.; González-Elizondo, M. S.; Uribe-Soto, J. N.; González-Valde, L. S. and Herrera-Arrieta, Y. 2015. Phenolic constituents and antioxidant properties of five wild species of *Physalis* (Solanaceae). Botanical Studies. 56(24):1-13. <http://dx.doi.org/10.1186/s40529-015-0101-y>.

- Muniz, J.; Pelizza, T. R.; Lima, A. P. F.; Gonçalves, M. J. and Rufato, L. 2017. Postharvest quality of red strawberry-guava. *Revista Actualidad & Divulgación Científica*. 20(2):311-319.
- Olivares-Tenorio, M. L.; Dekker, M.; Verkerk, R. and Van Boekel, M. A. J. S. 2016. Health-promoting compounds in cape gooseberry (*P. peruviana* L.): review from a supply chain perspective. *Trends in Food Sci. Technol.* 57(1):83-92. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.009>.
- Olivares-Tenorio, M. L.; Dekker, M.; Van Boekel, M. A. J. S. and Verkerk, R. 2017. Evaluating the effect of storage conditions on the shelf life of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *LWT-Food Sci. Technol.* 80:523-530. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.027>.
- Palma, F.; Carvajal, F.; Jamilena, M. and Garrido, D. 2014. Changes in carbohydrate content in zucchini fruit (*Cucurbita pepo* L.) under low temperature stress. *Plant Sci.* 217-218:78-86. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.12.004>.
- Puente, L.; Pinto-Muñoz, C.; Castro, E. and Cortes, M. 2011. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Res. Inter.* 44(7):1733-1740. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.034>.
- Rockenbach, I. I.; Rodrigues, E.; Cataneo, C.; Gonzaga, L. V.; Lima, A.; Mancini-Filho, J. e Fett, R. 2008. Ácidos fenólicos e atividade antioxidante em fruto de *Physalis peruviana* L. *Alimentos e Nutrição Araraquara*. 19(3):271-276.
- Rutz, J.; Voss, G.; Jacques, A.; Pertuzatti, P.; Barcia, M. and Zambiasi, R. 2012. *P. peruviana* L. jelly: bioactive, antioxidant and sensory characterization. *Alim. e Nutrição*. 23(3):369-375.
- Šamec, D. and Piljac-Žegarac, J. 2011. Postharvest stability of antioxidant compounds in hawthorn and cornelian cherries at room and refrigerator temperatures-comparison with blackberries, white and red grapes. *Sci. Hortic.* 131:15-21. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.09.021>.
- Šamec, D. and Piljac-Žegarac, J. 2015. Fluctuations in the levels of antioxidant compounds and antioxidant capacity of ten small fruits during one year of frozen storage. *Inter. J. Food Properties*. 18(1):21-32. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.790423>.
- Severo, J.; Lima, C.; Coelho, M.; Rufatto, A.; Rombaldi, C. and Silva, J. 2010. Antioxidant capacity and phytochemical composition of *Physalis* fruit (*P. peruviana* L.) during ripening and storage. *Rev. Bras. Agroc.* 16(1-4):77-82. <http://dx.doi.org/10.18539/cast.v16i1-4.2011>.
- Silva, D.; Villa, F.; Barp, F.; Rotili, M. and Stumm, D. 2013. Postharvest and fruit production of cape gooseberry in Minas Gerais State, Brazil. *Revista Ceres*. 60(6):826-832. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000600011>.
- Silva, P. B. 2013. Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Physalis* sp. (Master thesis). Máster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 108 p.
- Singleton, V. L.; Orthofer, R. and Lamuela, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299:152-178.
- Tomassini, T.; Barbi, N.; Ribeiro, I. e Xavier, D. 2000. Gênero *Physalis*: uma revisão sobre vitaesteroides. *Química Nova*. 23(1):47-57.
- Vasco, C.; Ruales, J. and Kamal-Eldin, A. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*. 111(4):816-823. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054>.
- Vieites, R.; Daiuto, E. and Fumes, J. 2012. Antioxidant capacity and postharvest quality of 'fuerte' avocado. *Rev. Bras. Frutic.* 34(2):336-348. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000200005>.