

XLIV JORNADAS DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA TIERRA DE BARROS

IV Congreso Agroalimentario de Extremadura

CENTRO UNIVERSITARIO SANTA ANA ALMENDRALEJO



Del 3 al 6 de Mayo 2022

XLIV JORNADAS DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA
DE LA TIERRA DE BARROS
IV CONGRESO AGROALIMENTARIO DE EXTREMADURA

Edita:

Centro Universitario Santa Ana
C/ IX Marqués de la Encomienda, nº 2
Almendralejo
Tel. 924 661 689
<http://www.univsantana.com>

Colabora: Cajalmendralejo

Ilustración de portada:

© ALBERTO CATILLO

Diseño original:

Tecnigraf S.A.

Maquetación: Virginia Pedrero

ISBN: 978-84-7930-112-0

D.L.:

Imprime: Impresal

Efecto de los tratamientos de alta presión hidrostática sobre los compuestos bioactivos en productos vegetales

GARCÍA-PARRA, J.

GONZÁLEZ-CEBRINO, F.

RAMIREZ, R.

CICYTEX (Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura).
Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (INTAEX), Avda. Adolfo Suárez
s/n, 06071, Badajoz, Spain.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue estudiar el efecto que la tecnología de conservación por altas presiones hidrostáticas (APH) tiene sobre el contenido en compuestos bioactivos de interés, como los carotenos, antocianos o polifenoles, en purés de calabaza '*Butternut*' y purés de ciruela "*Crimson globe*" de piel y pulpa roja. Las muestras de purés fueron envasadas a vacío en bolsas de plástico y tratadas a presiones entre 400-600 MPa durante tiempos entre 1-300 s a 10 °C en un equipo industrial (Hiperbaric Wave 6000/55) y a presiones 300-900 MPa durante 1 min a temperaturas entre 60-80 °C en un equipo experimen-

tal (Resato, FPU-100-50). Como control, se utilizaron muestras sin procesar. En general, en los tratamientos HPT, las presiones superiores a 300 MPa (como 600 o 900 MPa) fueron eficaces para mantener los carotenoides individuales o incluso para aumentarlos. El contenido total en polifenoles no mostró modificaciones significativas después de la HPP. El contenido total de antocianinas se redujo tras la aplicación de HPP en el puré de ciruelas. En cuanto a los tratamientos HPT, una combinación de 600 MPa/70 °C mantuvo los niveles de antocianinas totales en valores similares a los de los purés de control. Por lo tanto, la aplicación de algunos tratamientos de HPT podría ser más eficaz incluso que el HPP para preservar estos componentes bioactivos.

Palabras clave: Altas presiones hidrostáticas; calabaza; ciruela; antocianos; carotenos; polifenoles.

ABSTRACT

The main objective of this work was to study the effect of high hydrostatic pressure (HPP) preservation technology on the content of bioactive compounds of interest, such as carotenes, anthocyanins or polyphenols, in 'Butternut' pumpkin purees and 'Crimson globe' plum purees with red skin and flesh. The puree samples were vacuum packed in plastic bags and treated at pressures between 400-600 MPa for 1-300 s at 10 °C in industrial equipment (Hiperbaric Wave 6000/55) and at pressures 300-900 MPa for 1 min at temperatures between 60-80 °C in experimental equipment (Resato, FPU-100-50). As a control, unprocessed samples were used. In general, in the HPT treatments, pressures higher than 300 MPa (such as 600 or 900 MPa) were effective in maintaining individual carotenoids or even increasing them. The total polyphenol content did not show significant modifications after HPT. The total anthocyanin content was reduced after HPP in the plum puree. As for the HPT treatments, a combination of 600 MPa/70 °C kept the levels of total anthocyanins at similar values to those of the control purees. Therefore, the application of some HPT treatments could be even more effective than HPP in preserving these bioactive components.

INTRODUCCIÓN

Existen varios métodos tradicionales para la conservación de los alimentos, siendo los tratamientos térmicos los más utilizados y conocidos. La utilidad de estos tratamientos se basa principalmente en la inactivación de microorganismos y enzimas para evitar la degradación de los alimentos en su posterior almacenamiento. Sin embargo, tratamientos térmicos provocan cambios químicos extensos e indeseables afectando negativamente a la calidad de los alimentos (Patras et al., 2009a).

En la actualidad, a nivel industrial, el procesamiento a alta presión (HPP) se aplica a temperaturas ambiente o de refrigeración, con un efecto similar a la pasteurización, al no eliminar completamente los microorganismos. La alta presión combinada con temperaturas suaves o altas, conocida como tratamiento térmico de alta presión (HPT) puede producir un efecto de esterilización. Las condiciones típicas del HPP incluyen presiones de mantenimiento de 400-600 MPa, una temperatura inicial baja-media de 10-40 °C y un tiempo de mantenimiento de 1-15 minutos.

En el caso de los productos vegetales, la HPP mantiene las cualidades originales de productos como zumos, batidos y otras bebidas a base de frutas. Los productos tratados con HPP suelen tener una buena aceptación por parte de los consumidores, sobre todo porque se perciben como de alta calidad sensorial y con una mejor retención de nutrientes y otros componentes beneficiosos.

La HPP ya se ha establecido como una tecnología de procesamiento de alimentos de éxito. Sin embargo, el tratamiento HPT presenta nuevos retos para la escala industrial. Los tratamientos HPT consisten en una combinación de alta presión (500-900 MPa) y temperatura (60-120 °C) durante un corto periodo de tiempo. Los tratamientos HPT ofrecen varias ventajas, como la rápida eliminación de microorganismos, el aumento y la disminución uniformes y rápidos de la temperatura del producto, la reducción del impacto térmico y del tiempo de procesamiento, y la prolongación de la vida útil de los alimentos procesados (Subramanian et al., 2006).

Aunque la principal ventaja de la tecnología de alta presión frente a los tratamientos térmicos es la calidad nutricional y sensorial de los productos, existe poca información científica sobre los cambios en los fitoquímicos de algunas frutas y verduras.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para comprobar el efecto del tratamiento HPP y HPT en los compuestos bioactivos de las verduras se elaboraron purés de dos matrices vegetales diferentes como modelos: la calabaza (*var. Butternut*) y la ciruela roja (*var. Crimson Globe*). Se seleccionaron la calabaza y la ciruela como modelos vegetales, porque son ricas en fitoquímicos diferentes (carotenoides frente a antocianinas), y tienen un pH diferente (calabaza: 6,6 frente a ciruela: 3,4) por lo que necesitarían una intensidad de tratamiento diferente para su estabilización microbiológica. Se elaboraron purés de calabaza con piel y sin semillas; los purés de ciruela se elaboraron con piel y sin hueso. Una vez elaborados, se envasaron en bolsas flexibles de polietileno (9,3 mL O₂/m²/24h a 0 °C), aptas para soportar los tratamientos posteriores.

Para la aplicación de los tratamientos por alta presión se utilizó un equipo semi-industrial Hiperbaric Wave 6000/55 (Hiperbaric, S.A., Burgos, España). Los purés se presurizaron a nueve combinaciones de nivel de presión y tiempo de procesado (400, 500 y 600 MPa durante 1, 150 y 300 s) con agua como medio transmisor de la presión. El tiempo para alcanzar la presión objetivo fue de 180-230 s y la descompresión duró 1-2 s. La temperatura inicial del agua en el recipiente de alta presión era de 10 °C. Cuando se aplicaron tratamientos de alta presión a 400, 500 y 600 MPa, la temperatura alcanzó aproximadamente 20, 22,5 y 25°C, respectivamente, debido a la compresión adiabática, que se calculó en 2,5 °C por cada 100 MPa (Balasubramaniam et al., 2004), porque no se dispone de sistema de control de la temperatura en la unidad de presión.

Para la aplicación de los tratamientos por alta presión y temperatura, se utilizó una unidad Resato de varios recipientes (FPU-100-50, número de serie 14685/42798. Roden, Países Bajos). El equipo utiliza etilenglicol como medio de transmisión de la presión y está equipado con una camisa termostática para el control de la temperatura. La temperatura inicial de los ensayos fue de 60, 70 y 80 °C y las presiones aplicadas fueron de 300, 600 y 900 MPa. La tasa de aumento de la presión fue de 10 MPa s⁻¹ y el tiempo de mantenimiento fue de 1 minuto.

Se evaluó el efecto de los tratamientos de alta presión (HPP y HPT) para la conservación de las antocianinas de la ciruela roja, así como el efecto de esos tratamientos en el contenido fenólico en ciruela roja y calabaza. Así mismo, se evaluó el efecto de los tratamientos por HPT en los carotenos mayoritarios presentes en calabaza.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Efecto de los tratamientos de alta presión hidrostática sobre las antocianinas

Las antocianinas son compuestos bioactivos importantes en las variedades de ciruelas rojas. La conservación de los compuestos bioactivos de los vegetales tiene un gran interés en la industria alimentaria. La cianidina glicosilada con glucosa es la estructura más abundante de la ciruela, responsable del color rojo de la piel y la pulpa, seguida de la cianidina glicosilada con rutinósido (Tomás-Barberán et al., 2001).

Los cambios de antocianinas en el puré de ciruela después del procesamiento se muestran en la Tabla 1. En general, los purés de control mostraron un mayor contenido de antocianinas que los purés tratados con HPP o HPT. El contenido total de antocianinas se redujo después de aplicar la HPP en el puré de ciruela en comparación con los purés de control. Tratamientos a 600 MPa/150 s alcanzó los valores más bajos de antocianos totales, con un 78% del puré de control inicial, mientras que la aplicación de 600 MPa/300 s mantuvo el 87,8% del contenido original. En cuanto a los tratamientos HPT, una combinación de 600 MPa/70 °C mantuvo los niveles de antocianinas totales en valores similares a los de los purés de control. Por el contrario, los tratamientos a temperaturas iniciales más bajas (60 °C y a 300, 600 y 900 MPa) mantuvieron el menor contenido de antocianinas.

García-Parra et al. (2014) encontraron altas correlaciones entre la disminución de la intensidad del color rojo y el contenido de antocianinas en el puré de ciruela. Se encontraron correlaciones positivas significativas ($p < 0.01$) entre el parámetro CIE a^* y el contenido de antocianinas, asociando los cambios en CIE a^* tras el procesado con cambios en el contenido de pigmentos rojos en el puré de ciruelas. Por lo tanto, la conservación de las antocianinas no sólo sería positiva desde el punto de vista nutricional, sino que también proporcionaría un mejor color a los purés procesados.

El contenido total de antocianinas se redujo tras la aplicación de HPP en el puré de ciruelas. Por lo tanto, la aplicación de algunos tratamientos de HPT podría ser más eficaz incluso que el HPP para preservar estos componentes bioactivos. Estos resultados diferentes entre ambos tratamientos de alta presión podrían deberse a la baja inactivación de la enzima polifenoloxidasasa (PPO) tras el HPP (González-Cebrino et al., 2013), lo que podría limitar

la vida útil del puré de ciruela procesado. Otros factores como la actividad de otras enzimas oxidativas y el efecto de las condiciones de procesado sobre la estabilidad de los pigmentos podrían estar también relacionados con los cambios observados en las antocianinas tras el HPP (Ferrari et al., 2011).

Efecto de los tratamientos de alta presión hidrostática sobre los carotenoides

Los carotenoides son pigmentos naturales responsables del color amarillo, naranja y rojo de los frutos, raíces, flores e inflorescencias. Se trata de sustancias lipofílicas y, por tanto, insolubles en agua.

A los carotenoides se les atribuyen ciertas propiedades beneficiosas en la prevención de enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónicas (Astrog et al., 1997). Basándose en estudios epidemiológicos, se sugiere una asociación positiva entre un menor riesgo de enfermedades crónicas y una mayor ingesta dietética de carotenoides (Agarwal et al., 2000).

La calabaza, debido a su pH, debe ser procesada por HPT para alcanzar una vida útil adecuada; por esta razón, sólo se ha evaluado el efecto del tratamiento HPT sobre los carotenoides. Los carotenoides encontrados en el puré de calabaza fueron luteína, α -caroteno y β -caroteno. Dos de ellos, la luteína y el β -caroteno, se vieron significativamente alterados tras procesamiento HPT ($p < 0,05$) (Figura 1). El contenido de luteína mostró el mayor incremento tras los tratamientos a 300 MPa/60 °C; los demás tratamientos ensayados mostraron valores intermedios. Con respecto al contenido de β -caroteno, el puré procesado a 300 MPa a 60 °C mostraron el contenido más bajo, aunque los purés tratados a 600 y 900 MPa (a cualquier temperatura) tenían niveles más altos que los tratados a 300 MPa.

En general, en los tratamientos HPT, las presiones superiores a 300 MPa (como 600 o 900 MPa) fueron eficaces para mantener los carotenoides individuales o incluso para aumentarlos. Oey et al. (2008a) informaron de que la HPP a temperatura ambiente no afectaba al contenido de carotenoides en los vegetales o lo aumentaba. La alta presión podría modificar la capacidad de extracción de los carotenoides debido a los cambios estructurales en la membrana celular inducidos por los cambios fisicoquímicos a través de tratamientos intensos.

La aplicación de tratamientos HPT tendría un efecto positivo para preservar o incluso aumentar los contenidos de carotenoides. En este sentido, Tauscher (1998) encontró una pérdida muy baja de carotenos (menos del 5%) en un producto a base de zanahoria a 600 MPa/75 °C/40 min. Van Der Plancken et al. (2012) no encontraron pérdidas importantes de α - o β -caroteno en puré de zanahoria tratado a 800 MPa y 40-74 °C. Por otra parte, en las temperaturas de los tratamientos de esterilización, Vervoort et al. (2012) no encontraron cambios significativos en el α - y β -caroteno en las zanahorias después del tratamiento HPT a 700 MPa y 124,8 °C durante 3 min. Nguyen et al. (2007) también informaron de una retención del 92% de caroteno en las zanahorias después de un tratamiento a 700 MPa y 121 °C durante 1 minuto.

Efecto de los tratamientos de alta presión hidrostática sobre los compuestos fenólicos

Los polifenoles son metabolitos secundarios de las plantas que poseen uno o más anillos aromáticos con uno o más grupos hidroxilos. Son los antioxidantes más abundantes en la dieta, siendo sus principales fuentes dietéticas las frutas y las bebidas derivadas de plantas (Scalbert et al., 2005).

Se evaluó el efecto del tratamiento HPP y HPT sobre el contenido fenólico total (CFT) de la ciruela y la calabaza (Tabla 2). El CFT no mostró modificaciones significativas después de la HPP. Ni la intensidad de la presión ni el tiempo de mantenimiento modificaron significativamente el CFT en comparación con el puré control. Otros autores también han informado de que el CFT no se vio afectado por la HPP en diferentes verduras. Patras et al. (2009a) informaron de que el CFT de los purés de tomate y zanahoria no se veía afectado por la HPP (a 400, 500 o 600 MPa durante 15 minutos a una temperatura inicial de 20 °C). Wang et al. (2012) han informado también de que no hay cambios en el contenido de CFT en el néctar de batata morada después de la HPP a 400 MPa durante 10 min, 500 MPa durante 5 min y 600 MPa durante 2,5 min.

De hecho, otros estudios han indicado incluso que el CFT se incrementó tras la HPP como en purés a base de ciruela amarilla (var. *Songold*), presurizados a 400 y 600 MPa durante 7 min (González-Cebrino et al., 2012), manzana (Landl et al., 2010), nectarina (García- Parra et al., 2011), o fresa (Patras et al., 2009b) presurizados a 600 MPa durante 5, 10 y 15 min, respectivamente.

Otros autores estudiados también han informado de un aumento en el CFT en los zumos vegetales de arándano procesados a 200 MPa/5, 9 y 15 s a una temperatura máxima de 42 °C (Barba *et al.*, 2013), de manzana a 250 y 400 MPa durante 3 y 5 s (25 °C) (Queiroz *et al.*, 2010), y de granada a 400 MPa/5 min (25 °C) (Ferrari *et al.*, 2011). Este aumento del CFT puede estar relacionado con una mayor extractabilidad de algunos de los compuestos de las partículas sólidas en suspensión tras el HPP (Chen *et al.*, 2015). El aumento dependería del tiempo de mantenimiento, la temperatura y el nivel de presión de los tratamientos.

El tratamiento con HPT mantuvo o aumentó los niveles de CFT en el mismo cultivar de ciruela roja (Tabla 2). El mayor incremento (17%) se encontró en el puré a 600 MPa y 70 °C respecto al contenido inicial. El CFT no cambió después de aplicar el resto de los tratamientos HPT. En el puré de calabaza, el CFT aumentó significativamente entre el 39% y el 65% tras todos los tratamientos aplicados. Al igual que en el puré de ciruela, el tratamiento HPT a 600 MPa y 70 °C obtuvo el mayor CFT en la calabaza. Corrales *et al.* (2008) informaron de que los tratamientos a 600 MPa y 70 °C aumentaron los compuestos fenólicos de la recuperación de subproductos de uva aproximadamente 1,5 veces más que el inicial. Huang *et al.* (2013) indicaron que el aumento del CFT inducido por el procesamiento HPT se debe posiblemente a la mayor facilidad de extracción de compuestos fenólicos en la pulpa durante el procesamiento térmico debido a la disrupción de las células, lo que liberaría sustratos y promovería cambios en el CFT (Clariana *et al.*, 2011).

El efecto del tratamiento HPP y HPT sobre los niveles de compuestos fenólicos dependería de la matriz del alimento (que favorecería o no la liberación del CFT controlado) y de su perfil específico de compuestos fenólicos. Además, las condiciones de tratamiento (es decir, temperatura/presión/tiempo) y la inactivación de enzimas oxidativas como la PPO son también factores importantes que afectan a los niveles finales de CFT tras el procesado. En este sentido, según García-Parra *et al.* (2014) los tratamientos HPT a 600 MPa a 70 °C (que conservaron mejor el CFT) mostraron una alta inactivación de la PPO tras el procesado.

CONCLUSIONES

El contenido en carotenos totales no se modificó tras el procesado de APH. Por tanto, cualquiera de los tratamientos aplicados fue efectivo para mantener los niveles de carotenos originales del puré. La estabilidad del contenido en compuestos carotenoides tras el procesado, indica que esta tecnología permite obtener productos con mayor contenido en compuestos bioactivos que los métodos tradicionales de conservación. El tratamiento HPT podría prolongar la vida útil de los productos derivados de la calabaza. En ciruela, esta tecnología también sería eficaz para aumentar la vida útil sin necesidad de aditivos. El tratamiento HPT, a pesar de ser más intenso que el HPP, mantuvo mejor los compuestos bioactivos de ambos productos.

Es destacable que la inactivación de enzimas como la PPO podría jugar un papel importante para la conservación de los compuestos bioactivos de los vegetales mediante los tratamientos HPP y HPT. La investigación sobre las condiciones más adecuadas para mantener los compuestos bioactivos y alcanzar la máxima inactivación de las enzimas y de los microorganismos necesitan llevarse a cabo conjuntamente para conocer en profundidad el efecto de estas tecnologías en cada matriz alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

Agarwal, S., Rao, A.V. Carotenoids and chronic diseases. *Drug Metabolism and Drug Interactions* 17(1-4): (2000) 189-210.

Astrog, P., Gradelet, S., Berges, R., Suschetet, M. Dietary lycopene decreases initiation of liver preneoplastic foci by diethylnitrosamine in rat. *Nutrition and Cancer* 29: (1997) 60-68.

Balasubramaniam, V.M., Ting, E.Y., Stewart, C.M., Robbins, J.A. Recommended laboratory practices for conducting high-pressure microbial inactivation experiments. *Innovative Food Science Emerging Technologies* 5: (2004) 299-306.

Barba, F. J., Esteve, M. J., Frigola, A. Physicochemical and nutritional characteristics of blueberry juice after high pressure processing. *Food Research International* 50: (2013) 545-549.

Chakraborty, S., Rao, P. S., Mishra, H. N. Effect of combined high pressure-temperature treatments on color and nutritional quality attributes of pineapple (*Ananas comosus* L.) puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 28: (2015) 10–21.

Chen, X., Qin, W., Ma, L., Xu, F., Jin, P., Zheng, Y. Effect of high pressure processing and thermal treatment on physicochemical parameters, antioxidant activity and volatile compounds of green asparagus juice. *LWT – Food Science and Technology* 62: (2015) 927–933.

Clariana, M., Valverde, J., Wijngaard, H., Mullen, A. M., Marcos, B. High pressure processing of swede (*Brassica napus*): Impact on quality properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12: (2011) 85–92.

Corrales, M., Toepfl, S., Butz, P., Knorr, D., Tauscher, B. Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9: (2008) 85–91.

Ferrari, G., Maresca, P., Ciccarone, R. The effects of high hydrostatic pressure on the polyphenols and anthocyanins in red fruit products. *Procedia Food Science* 1: (2011) 847–853.

García-Parra, J., González-Cebrino, F., Cava, R., Ramírez, R. Effect of a different high pressure thermal processing compared to a traditional thermal treatment on a red flesh and peel plum purée. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 26: (2014) 26–33.

García-Parra, J., González-Cebrino, F., Delgado-Adámez J., Cava, R., Ramírez, R. Effect of high pressure thermal processing on bioactive compounds content and polyphenol oxidase enzyme activity of pumpkin purée. *Food and Bioproducts Processing* 98, 124–132.

García-Parra, J., González-Cebrino, F., Delgado, J., Lozano, M., Hernández, T., and Ramírez, R. Effect of thermal and high pressure processing on the nutritional value and quality attributes of a nectarine purée with industrial origin during the refrigerated storage. *Journal of Food Science* 76: (2011) C618–C625.

González-Cebrino, F., Durán, R., Delgado-Adámez, J., Contador, R., Ramírez, R. Changes after high-pressure processing on physicochemical parameters, bioactive compounds, and polyphenol oxidase activity of red flesh and peel plum purée. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 20: (2013) 34–41.

González-Cebrino, F., García-Parra, J., Contador, R., Tabla, R., Ramírez, R. Effect of high-pressure processing and thermal treatment on quality attributes and nutritional compounds of Songold plum purée. *Journal of Food Science* 77: (2012) C866–C873.

Huang, W., Bi, X., Zhang, X., Liao, X., Hu, X., Wu, J. Comparative study of enzymes, phenolics, carotenoids and color of apricot nectars treated by high hydrostatic pressure and high temperature short time. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 18: (2013) 74–82.

Landl, A., Abadias, M., Sárraga, C., Viñas, I., Picouet, P. A. Effect of high pressure processing on the quality of acidified Granny Smith apple purée product. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: (2010) 557–564.

Lozano, M., Vidal-Aragón, M.C., Hernández, M.T., Ayuso, M.C., Bernalte, M.J., García, J., Velardo, B. Physicochemical and nutritional properties and volatile constituents of six Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) cultivars. *European Food Research and Technology* 469(228): (2009) 403–410.

Nguyen, T.L., Rastogi, N. K., Balasubramaniam, V. M. Evaluation of the instrumental quality of pressure-assisted thermally processed carrots. *Journal of Food Science* 72(5): (2007) E264–E270.

Oey, I., Lille, M., Van Loey A., Hendrickx, M. Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit and vegetable-based food products: A review. *Trends in Food Science & Technology* 19: (2008b) 320–328.

Oey, I., Van der Plancken, I., Van Loey, A., Hendrickx, M. Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems? *Trends Food Science Technology* 19: (2008a) 300–3008.

Oey, I., Van Loey, A., Hendrick, M. Pressure and temperature stability of water-soluble antioxidants in orange and carrot juice: A kinetic study. *European Journal of Food Research and Technology* 219: (2004) 161–166.

Patras, A., Brunton, N. P., Da Pieve, S., Butler, F. Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10: (2009b) 308–313.

Patras, A., Brunton, N., Da Pieve, S., Butler, F., Downey, G. Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental

colour of tomato and carrot purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10: (2009a) 16–22.

Queiroz, C., Moreira, C. F. F., Lavinhas, F. C., Lopes, M. L. M., Fialho, E., Valente-Mesquita, V. L. *High Pressure Research: An International Journal* 30: (2010) 507–513.

Sánchez-Moreno, C., Plaza, L., De Ancos, B., Cano, MP. Effect of combined treatments of high-pressure and natural additives on carotenoid extractability and antioxidant activity of tomato puree (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *European Food Research Technology* 219: (2004) 151–160.

Scalbert, A., Johnson, I. T., Saltmarsh, M. Polyphenols: Antioxidants and beyond. *American Journal of Clinical Nutrition* 81: (2005) 215S–217S.

Subramanian, A., Ahn, J., Balasubramaniam, V. M., Rodriguez-Saona, L. Determination of spore inactivation during thermal and pressure-assisted thermal processing using FT-IR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(26): (2006) 10300–10306.

Tauscher, B. Effect of high pressure treatment to nutritive substances and natural pigments. In Autio, K. (Ed.), *Fresh Novel Foods by High Pressure* (pp. 83–95), Espoo, Finland: Technical Research Centre of Finland, VTT Symposium 186 (1998).

Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I., Cremin, P., Waterhouse, A. L., Hess-Pierce, B., Kader, A. HPLD-DAD-ESI/MS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: (2001) 4748–4760.

Van der Plancken, I., Verbeyst, L., De Vleeschouwer, K., Grauwet, T., Heiniö, R. et al. (Bio) chemical reactions during high pressure/high temperature processing affect safety and quality of plant-based foods. *Trends in Food Science and Technology* 23: (2012) 28–38.

Vervoort, L., Van der Plancken, I., Grauwet, T., Verlinde, P., Matser, A., Hendrickx, M., Van Loey, A. Thermal versus high pressure processing of carrots: A comparative pilot-scale study on equivalent basis. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 15: (2012) 1–13.

Wang, Y., Liu, F., Cao, X., Chen, F., Hu, X., Liao, X. Comparison of high hydrostatic pressure and high temperature short time processing on quality of purple sweet potato nectar. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 16: (2012) 326–334.

Tabla 1. Porcentaje de retención del contenido total de antocianinas (mg 3-O-Rut 100 g⁻¹ de peso fresco) en el puré de control y en los purés tratados.

Tratamientos por alta presión (HPP)											
Control	400 MPa			500 MPa			600 MPa			pvalue	
	1 s	150 s	300 s	1 s	150 s	300 s	1 s	150 s	300 s		
100,0a	82,9ab	83,5bc	85,4bc	84,5bc	85,0bc	85,2bc	86,0bc	78,0c	87,8b	1,16	0,001
Tratamientos por alta presión y temperatura (HPT)											
	300 MPa			600 MPa			900 MPa				
	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C		
100,0a	79,9c	81,5bc	90,4abc	76,9c	101,0a	92,1abc	78,2c	93,1abc	89,4abc	1,16	0,001

a, b, c: Different letters in the same row indicate significant statistical differences due to the treatment applied (Tukey's Test, $p < .05$). SEM: standard error of mean.

Tabla 2. Porcentaje de retención del contenido de compuestos fenólicos totales (mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de peso fresco) en el puré de control y en los purés tratados.

Tratamientos por alta presión (HPP)												
Control	400 MPa			500 MPa			600 MPa			pvalue		
	1 s	150 s	300 s	1 s	150 s	300 s	1 s	150 s	300 s			
Plum	100.0	84.4	91.3	80.4	94.6	94.3	94.1	93.6	103.5	91.1	1.70	0.080
Tratamientos por alta presión y temperatura (HPT)												
	300 MPa			600 MPa			900 MPa					
	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C			
Plum	100.0bc	102.1bc	98.9bc	109.8ab	99.1bc	117.3a	105.9abc	92.6c	98.2bc	109.9ab	0.99	0.001
Pumpkin	100.0c	146.8ab	148.9ab	147.9ab	149.8ab	165.1a	159.9ab	138.9b	146.0ab	142.6ab	3.34	0.001

a, b, c: Different letters in the same row indicate significant statistical differences due to the treatment applied (Tukey's Test, $p < 0.05$). SEM: standard error of mean.

Figura 1.

Porcentaje de retención con respecto al contenido inicial de carotenos individuales tras aplicar diferentes procesamientos HPT a un puré de calabaza.

