

ACEROLA (*MALPIGHIA EMARGINATA* DC): COMPOSICIÓN, PROCESAMIENTO Y BENEFICIOS A LA SALUD

*Milenys Rondón-González** y *Jorge A. Pino-Alea*

Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carr. al Guatao km 3 ½,

La Habana 19200, Cuba.

E-mail: milenis@iiaa.edu.cu

RESUMEN

La acerola es una fruta tropical muy popular en América Central, países caribeños y Brasil. Su color rojo, alto contenido de vitamina C y actividad biológica, así como aroma y sabor típicos la hacen una fruta muy atractiva, a pesar de ser una fruta perecedera que requiere de extremos cuidados. Esta revisión recoge la información de la composición química y actividad biológica de la acerola, así como el manejo poscosecha y procesamiento.

Palabras clave: *Malpighia emarginata*, acerola, composición, procesamiento, beneficios.

ABSTRACT

Acerola (*Malpighia emarginata* DC): composition, processing and benefits to health

Acerola is a very popular tropical fruit in Central America, Caribbean countries and Brazil. Its red color, high vitamin C content and biological activity, as well as the typical aroma and flavor make it a very attractive fruit, in spite of being a perishable fruit that requires of ends cares. This review is a complete analysis of the information on the chemical composition and biological activity of the acerola, as well as the handling postharvest and processing.

Keywords: *Malpighia emarginata*, acerola, composition, processing, benefits.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un incremento en el consumo mundial de frutas tropicales. Estas son apreciadas debido a su diversidad en aromas y por su valor nutricional. Dentro de las frutas tropicales, la acerola (*Malpighia emarginata* DC; sin. *Malpighia glabra* L., *Malpighia puniceifolia* L.) aparece como muy llamativa debido a su alto contenido de vitamina C, su color rojo brillante y su actividad antioxidante (1). La acerola es una fruta exótica y delicada que posee un alto potencial agroindustrial, pero es difícil su transportación pues es una fruta perecedera (2 a 3 días a temperatura ambiente) después de cosechada (2).

La acerola es una planta originaria de América Central que se ha expandido a Suramérica y el Caribe, debido a su buena adaptación al suelo y clima. Este arbusto crece en regiones tropicales y subtropicales desde el sur de Texas, a través de México y América Central hasta el

***Milenys Rondón González:** Licenciada en Ciencias Alimentarias (UH, 2012). Trabaja actualmente en el Dpto. de Aromas del IIAA. Sus principales líneas de trabajo son desarrollo y durabilidad de saborizantes similares a los naturales para su aplicación en productos lácteos, bebidas y confitería.

norte de Suramérica y el Caribe. En la actualidad, se ha ampliado su cultivo a regiones tropicales de Asia y África (3).

Este árbol perenne produce una fruta roja que recibe los nombres comunes de cereza de Barbados, cereza de las Indias Orientales o simplemente cereza. Sin embargo, el nombre acerola, como se le conoce en Puerto Rico, es el más popular.

En la literatura existen pocos reportes con relación a la manipulación y conservación de la calidad de la acerola después de la cosecha (4, 5). También se han reportado otros trabajos relacionados con la composición química y valor nutricional de la fruta (1, 2, 6-8), así como de la actividad biológica (9, 10).

El objetivo de esta revisión es una actualización de la información existente con relación a la composición química, procesamiento y los beneficios a la salud de la acerola.

Componentes nutricionales

El proceso de maduración de la fruta involucra varias reacciones bioquímicas complejas, tales como la hidrólisis del almidón, conversión de cloroplastos en cromoplastos con transformación de la clorofila, producción de carotenoides, antocianinas y otros compuestos fenólicos, así como formación de compuestos volátiles (2).

Las propiedades fisicoquímicas de la acerola y su valor nutricional dependen de numerosos factores: condiciones ambientales, locación de cultivo, prácticas culturales, estado de maduración, procesamiento y almacenamiento (11). La Tabla 1 presenta la composición centesimal de la fruta.

La acerola es una de las frutas con mayor contenido de vitamina C la cual posee una función importante en la nutrición y química de esta fruta. El contenido

Tabla 1. Composición centesimal de la acerola

Componente	Contenido	Referencia
Agua	90,6 a 92,4 g	7
Carbohidratos	3,57 a 7,80 g	7
	4,30 a 4,40 g	2
Glucosa	2,14 a 3,33 g	19
Fructosa	0,25 a 0,38 g	19
Sacarosa	0,02 g	19
Proteína	0,21 a 0,80 g	7
	0,90 a 1,20 g	2
Grasa	0,23 a 0,80 g	7
Vitamina C	0,97 a 1,90 g	19
	0,69 a 4,83 g	7
	1,07 a 2,16 g	2
Vitamina B ₆	8,70 mg	7
Vitamina B ₂	0,07 mg	7
Vitamina B ₁	0,02 mg	7
Fósforo	17,1 mg	7
Calcio	11,7 mg	7
Hierro	0,22 mg	7
Fibra dietética	3,00 g	7
Sólidos solubles	7,70 a 9,20 g	2
Acidez ¹	1,04 a 1,87 g	7
Ácido málico	0,25 a 0,38 g	19
Ácido cítrico	0,01 a 0,03 g	19
Ácido tartárico	0,002 a 0,01 g	19
β-Caroteno	2486,38 a 6130,24 μg	14

de vitamina C disminuye con la maduración de la fruta (2, 12). Esta disminución se atribuye al efecto de una ácido ascórbico oxidasa, cuya actividad es más intensa en la fruta madura (13). Otros autores atribuyen el decremento de la vitamina C a una oxidación bioquímica, lo que se demuestra por la presencia de 3-hidroxi-2-pirona, un producto de la oxidación del ácido ascórbico (2).

Debido al alto contenido de vitamina C en la fruta inmadura, es usada por compañías nutraceuticas como fuente de esta vitamina en suplementos dietéticos. Sin embargo, el alto costo del cultivo de la fruta parece limitar esta producción. No obstante, el uso de la fruta inmadura es preferido cuando se trata de elaborar productos con alto contenido de vitamina C y cuando el aroma de la fruta no es de interés (1).

El contenido de vitamina C (ácido ascórbico + ácido dehidroascórbico) varía con las condiciones de cosecha. La fruta cosechada en Brasil, de cultivo orgánico, tuvo un contenido significativamente mayor (47,62 g/kg) que la fruta cultivada de manera convencional (22,94 g/kg) (14).

Un estudio en diferentes variedades cultivadas en Brasil, Vietnam y Japón indicó que existieron diferencias en el contenido de vitamina C debido a la variedad y el estado de madurez (8). En otro estudio se evaluaron 16 genotipos en Brasil que mostraron una variabilidad importante en el contenido de vitamina C (15).

Además de la madurez, el manejo poscosecha y las condiciones de conservación pueden afectar el contenido de esta vitamina y la vida de anaquel de la fruta. Se conoce que la vitamina C comienza a decrecer después de las 4 h de cosechada la fruta (16). Una posible vía de reducir esta pérdida es por almacenamiento de la fruta a -18 °C, donde además se conserva la calidad sensorial de la fruta (17).

La concentración de ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico (vitamina C), determinada en pulpas congeladas comerciales y en jugo fresco de Brasil, varió de 6,32 a 9,20 g/kg de pulpa y de 9,44 a 17,97 g/L de jugo. El procesamiento industrial puede explicar los bajos valores encontrados en las muestras comerciales. El ácido ascórbico fue la forma predominante de vitamina C (90 %) (18).

La acerola es una fruta muy ácida y como sucede con otros constituyentes de la fruta, el pH varía también con la madurez. El valor de pH oscila de 3,6 a 3,7 (2). El ácido málico es el mayoritario y representa el 32 % del total de ácidos en la fruta madura y el 12 % en la fruta antes de su madurez (19). Los principales azúcares de la fruta madura son la glucosa y fructosa, con una pequeña proporción de sacarosa (7).

Componentes fitoquímicos

Este grupo incluye a los compuestos bioactivos y no nutrientes de las plantas que se asocian a la reducción del riesgo de las principales enfermedades crónicas. Estos son los compuestos fenólicos (flavonoides, antocianinas y ácidos fenólicos), carotenoides, alcaloides y compuestos azufrados. El contenido de fenoles totales, expresado como ácido gálico, en pulpas congeladas comerciales y en jugo fresco de Brasil, varió de 4,52 a 6,43 g/kg de pulpa y de 1,40 a 11,50 g/L de jugo (18). En otro estudio, se reportó 10,63 g/kg de jugo (20).

Los flavonoides son el grupo más abundante de compuestos fenólicos con actividad antioxidante y que han sido caracterizados en frutas y vegetales (21). Estos son capaces de secuestrar especies de radical oxígeno (ROS) y consecuentemente reducir la oxidación de los tejidos celulares (22). En la acerola se reportó la presencia de quercetina y canferol (6, 23). La fruta fresca posee un contenido de flavonoides amarillos de 9,6 mg/100 g (24) y en pulpa comercial no se detectaron (25). Asimismo, se analizó por HPLC-PDA el contenido de galato de epigallocatequina, epicatequina y rutina en pulpas comerciales y jugos frescos (18); mientras que en jugos concentrados y pulpas congeladas se evaluaron miricetina, quercetina y canferol (26).

Las antocianinas son una subclase importante de los flavonoides, pues aportan la mayoría de los colores rojo, azul y púrpura de flores y frutas. Esta contribución sensorial unida a los beneficios a la salud las convierten en colorantes naturales atractivos en los alimentos (1). Existen algunas discrepancias en los resultados reportados para estos compuestos en la acerola. El estudio de dos variedades brasileñas mediante HPLC-MS concluyó que la cianidina-3-ramnósido fue la antocianina mayoritaria, seguida de la pelargonidina-3-ramnósido, cianidina y pelargonidina (27). Aunque estos resultados parecen coincidir con uno reportado anteriormente (23), donde

se identificaron la cianidina-3- α -O-ramnósido y pelargonidina-3- α -O-ramnósido mediante resonancia magnética nuclear, estos no coincidieron cualitativamente con otro reporte (6). En este último estudio, se identificaron tres tipos de antocianinas: malvidina 3,5-diglucósido, cianidina-3-glucósido y pelargonidina. Recientemente, se reportaron la cianidina-3-ramnósido (mayoritaria) y pelargonidina-3-ramnósido en una variedad cosechada en el estado de Florida. Contradictoriamente a los resultados informados (6, 23), en la fruta de Florida no se encontraron agliconas de antocianinas (antocianidinas).

Se han reportado contenidos de antocianinas totales de 6,5 a 8,4 mg/100 g (27) y 18,9 mg/100 g de fruta fresca (24); mientras que en pulpa comercial de 144,27 mg/100 g base seca (25). Por otra parte, en pulpas congeladas comerciales y en jugo fresco de Brasil varió de 0 a 2,82 mg/100 g de pulpa y de 0 a 5,23 mg/100 mL de jugo (18). Se identificaron por HPLC-PDA-MS/MS la cianidina 3-ramnósido, pelargonidina 3-ramnósido, cianidina y pelargonidina (27), así como procianidina B1 (18). La cáscara de la fruta puede ser considerada un subproducto valioso como fuente comercial de pigmentos naturales (1), aunque debe señalarse que las antocianinas son muy inestables con el consiguiente cambio de color.

Los ácidos fenólicos son derivados de los ácidos hidroxicinámicos y ácido benzoico. Algunos ácidos hidroxicinámicos más comunes incluyen al ácido *p*-cumárico, ácido ferúlico, ácido sinápico y ácido cafeico. El ácido *p*-cumárico y ácido ferúlico fueron encontrados como mayoritarios en la acerola (6). Los mismos autores también identificaron al ácido clorogénico y ácido cafeico. Además, derivados del ácido benzoico, tales como los ácidos gálico, cumárico y siringico han sido reportados en estas frutas (19). Los carotenoides son los pigmentos de color amarillo, naranja y rojo presentes en muchas frutas y vegetales. De los seis carotenoides dietéticos mayoritarios detectados en suero humano: β -caroteno, α -caroteno, β -criptoxantina, luteína, zeaxantina y licopeno (28), solo este último no ha sido identificado en la acerola. El estudio de dos variedades brasileñas indicó que el β -caroteno (265,5 a 1669,4 μ g/100 g), luteína (37,6 a 100,7 μ g/100 g), β -criptoxantina (16,3 a 56,5 μ g/100 g) y α -caroteno (7,8 a 59,3 μ g/100 g) fueron los carotenoides mayoritarios (29). Con ayuda de HPLC

se identificaron neoxantina, violaxantina, luteína, β -criptoxantina, α -caroteno y β -caroteno (30). Además, se han reportado otros nueve carotenoides minoritarios (31).

Se han reportado contenidos de carotenoides totales en fruta fresca de 0,197 mg/100 g (32) y 1,4 mg/100 g (24), mientras que en pulpa comercial el contenido de β -caroteno fue 2,62 mg/100 g b.s. y no se detectó licopeno (25). El estudio en frutas brasileñas cosechadas con diferentes estados de madurez y condiciones climáticas mostró que el contenido de carotenoides totales fue muy bajo en frutas verdes y se incrementó con la maduración (33). La fruta cosechada en Brasil, de cultivo orgánico, tuvo un contenido significativamente menor de β -caroteno (6,13 mg/100 g) que la fruta cultivada de manera convencional (2,49 mg/100 g) (14).

Componentes volátiles

La composición de la fracción volátil de las frutas es esencial para su caracterización e identidad. El aroma y sabor de las frutas, que son dos de los principales atributos sensoriales y de aceptación por el consumidor, están dados por la combinación de muchas sustancias volátiles.

La acerola madura tiene un aroma y sabor únicos que han sido descritos que recuerda a la manzana y semidulce. Se han publicado varias revisiones con relación a los componentes volátiles reportados en esta fruta (1, 34-36). El primer trabajo reportado se remonta a 1993, donde por extracción con diclorometano se aislaron e identificaron al 3-metil-2-buten-1-ol (constituyente mayoritario) y sus ésteres, los que fueron considerados como más importantes sensorialmente (37).

El estudio de la fruta, cosechada en Brasil, en tres estados de madurez fue realizado con el empleo de la misma técnica de aislamiento (2). El mayor grupo de compuestos detectados en la fruta madura fueron los ésteres (29 %), alcoholes (23 %) y cetonas (16 %). El acetato de etilo, acetato de (*Z*)-3-hexenilo, acetato de 2-metilpropilo, 3,4-didehidro- β -ionol, epoxi- β -ionona, β -ionona, 4-hidroxi- β -ionol y 3-hidroxi-2-butanona fueron considerados como los más importantes en el aroma de la fruta. El número de ésteres se incrementó con la maduración y el acetato de (*Z*)-3-hexenilo, acetato de 2-metilpropilo, acetato de (*E*)-2-hexenilo y acetato de isoamilo se detectaron en los es-

tados intermedios y maduros, pero no en la fruta verde. La 3-hidroxi-2-pirona solo fue encontrada en la fruta madura y se consideró un resultado de la oxidación del ácido ascórbico. Entre los ácidos, el hexadecanoico, octadecanoico y eicosanoico estuvieron presentes en los tres estados de maduración. El ácido tetradecanoico fue también detectado en los tres estados, pero su concentración fue menor en la fruta madura.

Los compuestos volátiles libres y enlazados glicosídicamente en la fruta de Brasil también fueron estudiados (38). Los compuestos enlazados fueron considerados como potencialmente importantes al aroma pues pueden ser liberados durante el pretratamiento industrial y procesamiento de la fruta. Entre los compuestos libres, los alcoholes alifáticos fueron los más abundantes y el 3-metil-3-buten-1-ol, 3-metilbutanol y 2-metilbutanol fueron los mayoritarios. Los ésteres fueron numéricamente mayoritarios y la nota frutal-dulce de la acerola fue superior al resto. La nota floral se debe a la presencia del 2-feniletanol. Los compuestos terpénicos, ácidos, lactonas y norisoprenoides estuvieron presentes en bajas concentraciones. Los autores concluyeron que los compuestos reportados en un trabajo anterior (37) son resultado de la hidrólisis de los glicósidos durante el aislamiento al pH natural de la fruta. Teniendo en cuenta que los norisoprenoides son compuestos altamente odoríferos, estos fueron considerados los más importantes cualitativamente.

Los compuestos volátiles de la fruta cultivada en Cuba, aislados por destilación-extracción simultáneas, se caracterizaron por la presencia de muchos compuestos terpénicos que representaron el 24 % del total de volátiles, seguidos de los ésteres alifáticos 31 % (39). Los compuestos mayoritarios fueron 2-furfural, 3-metil-3-buten-1-ol, limoneno y ácido hexadecanoico. El 2-furfural, 3-hidroxi-2-pirona y algunos furanos fueron considerados como productos de degradación del ácido ascórbico. Los constituyentes volátiles de la pulpa congelada fueron aislados por microextracción en fase sólida (SPME) y analizados mediante GC-MS (40). Se identificaron 23 sustancias, donde predominaron los ésteres.

Procesamiento agrícola

El árbol de acerola alcanza una altura promedio de 3 a 5 m, produce frutas pequeñas (diámetro 1 a 4 cm), tres a cuatro veces en el año y cada planta rinde de 20

a 30 kg/año. La fruta inmadura es verde, se torna naranja a naranja-roja en su estado intermedio y alcanza una coloración rojo brillante en su plena madurez (3).

Brasil es el principal productor, consumidor y exportador de esta fruta, aunque en otras regiones como la Florida y Hawai hay pequeñas producciones (41). Los productos exportados por Brasil son fruta congelada, jugo simple y concentrado, mermelada, jalea y licor.

La fecha de cosecha de la fruta se precisa tradicionalmente por el color la cáscara, pero también se utiliza la relación azúcar/ácido como índice de madurez (1). La cosecha de la fruta depende de su fin comercial. Si se trata de congelar o procesar como pulpa o jugo, esta debe ser de color rojo y de textura firme para permitir su manipulación. La calidad de la fruta es alta en este estado de maduración, lo que significa un contenido de azúcar alto y una baja acidez. La fruta se recolecta al principio de la maduración para producir productos en polvo o concentrados para enriquecer alimentos, donde se requiere un alto contenido de vitamina C (5).

La fruta tiene una alta actividad metabólica después de cosechada (11), lo que causa su rápido deterioro en el mercado. Esto hace que la fruta sea congelada o procesada rápidamente. La fruta dura solo de dos a tres días a temperatura ambiente (2), pero su vida de anaquel puede ser prolongada si son recubiertas con películas de cloruro de polivinilo (16).

Los requerimientos de calidad para la fruta fresca en el mercado internacional no están bien establecidos. Se ha sugerido que los compradores exigen la fruta con al menos 7 °Brix en Europa y 7,5 °Brix en Japón. Además, en Europa y EE. UU. se exige un contenido de vitamina C de 1 g/100 g de fruta. Japón es el principal mercado de los productos de acerola, seguido de EE.UU. y Europa (5).

Procesamiento industrial

La pérdida de vitaminas y pigmentos debido al tratamiento térmico de alimentos es un inconveniente importante, lo cual puede ser mitigado por un proceso de pasteurización alternativo tal como el calentamiento óhmico (42). Esta técnica proporciona un calentamiento rápido y uniforme, así como de forma instantánea. Estas ventajas permiten alcanzar la temperatura deseada en un corto tiempo con la reducción del tiempo de

tratamiento térmico (43). Existen varios reportes de aplicación en pulpa de acerola (44-47). La pulpa comercial de acerola fue caracterizada de acuerdo a sus propiedades físicas (48). La densidad entre 30 y 80 °C fue de 0,97 a 1,03 kg/m³ y la conductividad eléctrica fue de 1,69 a 8,48 mS/cm. El calor específico, difusividad térmica y conductividad térmica a 30 °C fueron 4172,49 J/kg K; 1,53 x 10⁻⁷ m²s y 0,65 W/m K, respectivamente.

En el estudio de la liofilización de la fruta, se demostró que una congelación rápida del material contribuyó a preservar la estructura porosa original y a disminuir las reacciones degradativas del producto. La congelación criogénica con nitrógeno líquido fue recomendada (41).

La adición de un probiótico microencapsulado fue evaluada en néctar de acerola con resultados satisfactorios (49).

Las propiedades físicas de la pulpa secada por aspersión fueron estudiadas en función de algunos parámetros del proceso (50). Se evaluaron el efecto de la temperatura del aire de entrada, la relación soporte/pulpa y el porcentaje de sustitución de maltodextrina por goma de anacardo. Altas temperaturas favorecieron las propiedades físicas de los polvos, con la disminución del contenido de humedad e higroscopicidad, así como incrementaron la capacidad para fluir. Los soportes disminuyeron la higroscopicidad, en particular la goma y elevaron la capacidad para fluir.

Beneficios a la salud

La actividad antioxidante de la acerola ha sido demostrada in vitro (18-20, 24,51-55). Como muchos compuestos fenólicos, los ácidos fenólicos son reconocidos por su alta eficiencia en el secuestro de radicales libres en sistemas modelos (1). En modelos con ratas, el ácido cafeico se comporta como la vitamina E intensifica

la resistencia de las lipoproteínas de baja densidad hacia el estrés oxidativo (56). Se ha demostrado que los ácidos fenólicos de la manzana retrasan la oxidación del ácido ascórbico en el plasma sanguíneo, pero no incrementan la resistencia a la oxidación de antioxidantes endógenos (57). El efecto antihiper glucémico de extractos de polifenoles de la acerola (23) y en jugo (58) ha sido demostrado.

Los carotenoides aportan diversos beneficios a la salud humana, como es la inhibición del inicio de los procesos tumogénicos en la carcinogénesis en hígado de ratones (59). El β-caroteno, carotenoide mayoritario en la acerola, es una fuente importante de vitamina A y un potente antioxidante (60). La luteína también posee actividad antitumoral (61).

La actividad citotóxica, antibacteriana y antifúngica de extractos de acerola ha sido informada (9, 55). Asimismo, se ha sugerido que la suplementación de la dieta con la acerola puede beneficiar a los pacientes que reciben dosis de yodo radioactivo durante el diagnóstico de enfermedades tiroidales y su terapia (62).

CONCLUSIONES

El ácido ascórbico, los compuestos fenólicos y los carotenoides son los compuestos más importantes en la composición química y actividad biológica de la acerola. Sin embargo, no existe un criterio para definir si uno de ellos es el más significativo en la actividad biológica. Debido a esta actividad, junto al alto valor nutricional y características sensoriales únicas, esta fruta resulta atractiva para los productores, procesadores e investigadores. Uno de los problemas que afecta su producción es que resulta una fruta percedera en su estado completo de madurez, lo que conduce a pérdidas durante y después de la cosecha, que requieren de estudios más completos.

REFERENCIAS

1. Delva, L y Goodrich-Schneider, R. Food Rev. Int. 29:107-126, 2013.
2. Vendramini, A.L. y Trugo, L.C. Food Chem. 71:195-198, 2000.
3. Johnson, D.J. Acerola (*Malpighia glabra*, L., *M. puniceifolia* L., *M. emarginata* D.C.), agriculture, production and nutrition. En *Plants in Human Health and Nutrition Policy*, A.P. Simopoulos y C. Gopalan (Eds.), Basel, Karger, 2003, Vol. 91, pp. 67-75.
4. Alves, R.E. *Acerola (Malpighia emarginata DC): Physiology of maturation and cold storage under modified atmosphere and environment* (tesis de maestría, Agricultural School of Lavres (ESAL), Lavras, Brasil) 1993.
5. Alves, R.E.; Filgueiras, H.A.C.; Mosca, J.L. y Menezes, J.B. Acta Hort. 485:31-36, 1999.

6. Vendramini, A.L. y Trugo, L.C. *Chem. Soc.* 15:664-668, 2004.
7. Mezadri, T.; Fernández-Pachón, M.S.; Villaño, D.; García-Parrilla, M.C. y Troncoso, A.M. *Arch. Latinoam. Nutr.* 56(2):101-109, 2006.
8. Hanamura, T.; Uchida, E. y Aoki, H. *J. Sci. Food Agric.* 88:1813-1820, 2008.
9. Motohashi, N.; Wakabayashi, H.; Kurihara, T.; Fukushima, H.; Yamada, T.; Kawase, M.; Sohara, Y.; Tani, S.; Shirataki, Y.; Sakagami, H.; Satoh, H.; Nakashima, H.; Molnár, A.; Spengler, G.; Gyémánt, N.; Ugocsai, K. y Molnár, J. *Phytother. Res.* 18:212-223, 2004.
10. Hanamura, T.; Mayama, C.; Aoki, H.; Hirayama, Y. y Shimuzu, M. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 70:1813-1820, 2006.
11. Sean-Carrington, C.M. y King, R.A.G. *Sci. Hortic.* 92:1-7, 2002.
12. Ito, S.; Mitsuco, A. E. Ishihata, K. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 37:726-729, 1990.
13. Butt, V.S. Direct oxidases and related enzymes. En *The Biochemistry of Plants*. P.K. Stumpf y E.E. Conn (Eds.), New York, Academic Press, 1980, pp. 81-123.
14. Cardoso, P.C.; Tomazini, A.P.B.; Stringheta, P.C.; Ribeiro, S.M.R. y Pinheiro-Sant'Ana, H.M. *Food Chem.* 126: 411-416, 2011.
15. Cavalcante, I.H.L.; Beckmann, M.Z.; Martins, A.B.G. y Campos, M.C.C. *Fruits* 62(1):27-34, 2007.
16. Alves, R.E.; Chitarra, A.B.; Chitarra, M.I.F. *Acta Hortic.* 370:223-229, 1995.
17. Maciel, M.I.S.; Melo, E.D.A.; De Lima, V.L.A.G. y Da Silva, I.P. *J. Food Sci. Technol.* 36:142-146, 1999.
18. Mezadri, T.; Villaño, D.; Fernández-Pachón, M.S.; García-Parrilla, M.C. y Troncoso, A.M. *J. Food Comp. Anal.* 21:282-290, 2008.
19. Righetto, A.M.; Netto, F.M. y Carraro, F. *Food Sci. Technol.* 11:315-321, 2005.
20. Rufino, M.S.M.; Alves, R.E.; Brito, E.S.; Pérez-Jiménez, J. y Saura-Calixto, F.D. *Acta Hort.* 841:459-462, 2009.
21. Liu, R.H. y Felice, D.L. *Antioxidants and whole food phytochemicals for cancer prevention*, en American Chemical Society Symposium Series 956, Washington DC, EE.UU., 2007, pp. 15-34.
22. Sportmann, T.M.; Albert, F.W.; Rath, T.; Dietrich, H.; Will, F. y Stockis, J.P. *Cancer Epid. Biomarkers & Prev.* 17(12):3372-3380.
23. Hanamura, T.; Hagiwara, T.; Kawagishi, H. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 69:280-286, 2005.
24. Rufino, M.S.M.; Alves, R.E.; de Brito, E.S.; Pérez-Jiménez, J.; Saura-Calixto, F. y Mancini-Filho, J. *Food Chem.* 121:996-1002, 2010.
25. Da Silva, L.M.R.; de Figueiredo, E.A.T.; Ricardo, N.M.P.S.; Vieira, I.G.P.; de Figueiredo, R.W.; Brasil, I.M. y Gomes, C.L. *Food Chem.* 143:398-404, 2014.
26. Hoffmann-Ribani, R.; Huber, L.S. y Rodríguez-Amaya, D.B. *J. Food Comp. Anal.* 22:263-268, 2009.
27. De Rosso, V.V.; Hillebrand, S.; Montilla, E.C.; Bobbio, F.O.; Winterhalter, P. y Mercadante, A.Z. *J. Food Comp. Anal.* 21:291-299, 2008.
28. Bendich, A. *J. Nutr.* 119:135-136, 1989.
29. De Rosso, V.V. y Mercadante, A.Z. *Food Res. Int.* 38:1073-1077, 2005.
30. Porcu, O.M. y Rodríguez-Amaya, D.B. *J. Sci. Food Agric.* 86:1916-1920, 2006.
31. Godoy, H.T. y Rodríguez-Amaya, D.R. *J. Agric. Food Chem.* 42:1306-1313, 1994.
32. Mezadri, T.; Pérez-Gálvez, A. y Hornero-Méndez, D. *Eur. Res. Technol.* 220:36-69, 2005.
33. Lima, V.L.A.G.; Melo, E.A.; Maciel, M.I.S.; Prazeres, F.G.; Musser, R.S. y Lima, D.E.S. *Food Chem.* 90:565-568, 2005.
34. Franco, M.R.B. y Janzanti, N.S. *Flavour Fragr. J.* 20:358-371, 2005.
35. Bicas, J.L.; Molina, G.; Dionisio, A.P.; Barros, F.F.C.; Wagner, R.; Maróstica, M.R. y Pastore, J.M. *Food Res. Int.* 44: 1843-1855, 2011.
36. Lasekan, O. y Abbas, K.A. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 52: 726-735, 2012.
37. Schippa, C.; George, G. y Fellous, R. *Parfums, Cosmétiques, Arômes.* 113: 81-84, 1993.
38. Boulanger, R. y Crouzet, J. *Food Chem.* 74: 209-216, 2001.
39. Pino, J.A. y Marbot, R. *J. Agric. Food Chem.* 49:5880-5882, 2001.
40. Carasek, E. y Pawliszyn, J. *J. Agric. Food Chem.* 54:8688-8696, 2006.
41. Marques, L.G.; Ferreira, M.C. y Freire, J.T. *Chem. Eng. Process.* 46:451-442, 2007.
42. Goullieux, A. y Pain, J.P. Ohmic heating. En *Emerging Technologies for Food Processing*. D.W. Sun (Ed.), Italy, Elsevier Academic Press, 2005, p. 549.
43. Bansal, B. y Chen, X.D. *Food Bioprod. Process.* 84(C4):286-291, 2006.
44. Sarkis, J.R.; Mercali, G.D.; Tessaro, I.C. y Marczak, L.D.F. *Innov. Food Sci. Emerg.* 18:145-154, 2013.
45. Mercali, G.D.; Jaeschke, D.P.; Tessaro, I.C. y Marczak, L.D.F. *LWT-Food Sci. Technol.* 47:91-95, 2012.

46. Mercali, G.D.; Jaeschke, D.P.; Tessaro, I.C. y Marczak, L.D.F. *Food Chem.* 136:853-857, 2013.
47. Mercali, G.D.; Schwartz, S.; Marczak, L.D.F.; Tessaro, I.C. y Sastry, S. *J. Food Eng.* 123:1-7, 2014.
48. Mercali, G.D.; Sarkis, J.R.; Jaeschke, D.P.; Tessaro, I.C. y Marczak, L.D.F. *J. Food Eng.* 106:283-289, 2011.
49. Antunes, A.E.C.; Liserre, A.M.; Coelho, A.L.A.; Menezes, C.R.; Moreno, I.; Yotsuyanagi, K. y Azambuja, N.C. *LWT-Food Sci. Technol.* 54:125-131, 2013.
50. Moreira, G.E.G.; Costa, M.G.M.; de Souza, A.C.R.; de Brito, E.S.; de Medeiros, M.F.D. y de Azeredo, H.M.C. *LWT-Food Sci. Technol.* 42:641-645, 2009.
51. Hwang, J.; Hodis, H.N. y Sevanian, A. *J. Agric. Food Chem.* 49:308-314, 2001.
52. Hassimoto, N.M.A.; Genovese, M.I. y Lajolo, F.M. *J. Agric. Food Chem.* 53:2928-2935, 2005.
53. De Oliveira, A.C.; Valentim, I.B.; Silva, C.A.; Bechara, E.J.H.; de Barros, M.P.; Mano, C.M. y Goulart, M.O.F. *Food Chem.* 115:469-475, 2009.
54. Delva, L y Goodrich-Schneider, R. *Int. J. Food Sci. Technol.* 48:1048-1056, 2013.
55. Batiston, W.P.; Maruyama, S.A.; Gomes, S.T.M.; Visentainer, J.V.; de Souza, N.E. y Matsushita, M. *Acta Scientiarum* 35(3):581-585, 2013.
56. Nardini, M.; Natella, F.; Gentili, V.; Di Felice, M. y Scaccini, C. *Arch. Biochem. Biophys.* 342:157-160, 1997.
57. Lotito, S.B. y Frei, B. *Free Radic. Biol. Med.* 36:201-211, 2004.
58. Barbalho, S.M.; Damasceno, D.C.; Spada, A.P.M.; Palhares, M.; Martuchi, K.A.; Oshiiwa, M.; Sazaki, V. y da Silva, V.S. *Experim. Diabetes Res.*, Article ID 173647, 2011.
59. Bishayee, A.; Sakar, A. y Chatterjee, M. *Nutr. Cancer.* 37:89-98, 2000.
60. Shahidi, F. y Ho, C.T. *Antioxidant measurement and application: An overview* en American Chemical Society Symposium Series 956, Washington DC, EE.UU., 2007.
61. Nishino, H.; Murakoshi, M.; Ii, T.; Takemura, M.; Kuchide, M.; Kanazawa, M.; Mou, X.Y.; Wada, S.; Masuda, M.; Ohsaka, Y.; Kanazawa, S.; Satomi, Y. y Jinno, K. *Cancer Metastasis Rev.* 21:257-264, 2002.
62. Almeida, I.V.; Düsman, E.; Heck, M.C.; Pamphile, J.A.; Lopes, N.B.; Tonin, L.T.D. y Vicentini, V.E.P. *Gen. Mol. Res.* 12(4):6402-6413, 2013.