

## Antioxidantes en berries nativos chilenos

[Antioxidants in Chilean native berries]

Carolina FREDES

*Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile*

---

### Abstract

Among plant natural products, interest in polyphenols is mainly due to its antioxidant properties. Many fruits recognized as berries have higher antioxidant capacity than other fruits and vegetables. In Chile, there are native berries with medicinal uses deep-rooted to mapuche culture and country people that have been studied by researchers both nationally and internationally. The aim of this article was to review the state of the art related to polyphenols identification, antioxidant capacity and polyphenols bioavailability of four native berries. Maqui fruits distinguish significantly for their polyphenols content and antioxidant activities. Research in Magellan barberry (calafate), Chilean guava (murta or murtila) and Chilean strawberry deliver relative contributions of their antioxidant properties. However, higher scientific background is needed to validate the properties of these species so as to achieve a real appreciation of these unique raw materials for the development of functional foods and nutraceuticals.

**Keywords:** *Aristotelia chilensis*; *Ugni molinae*; *Fragaria chiloensis*; *Berberis buxifolia*; Polyphenols.

### Resumen

Dentro de los productos naturales de origen vegetal, el interés por los polifenoles se debe principalmente a sus propiedades antioxidantes. Muchos frutos conocidos como berries presentan capacidades antioxidantes más altas, en relación a otras frutas y verduras. En Chile, existen berries nativos con usos medicinales muy arraigados a la cultura mapuche y rural del país, que han sido estudiados tanto por investigadores nacionales como internacionales. El objetivo de esta publicación fue revisar el estado del arte relacionado a la identificación de polifenoles, la capacidad antioxidante y la biodisponibilidad de compuestos polifenólicos de cuatro berries nativos. Los frutos de maqui destacan significativamente por sus contenidos de polifenoles y capacidad antioxidante, e investigaciones en calafate, murtila y frutilla chilena entregan aportes relativos a sus propiedades antioxidantes. Sin embargo, aún, son necesarios mayores antecedentes científicos que validen las propiedades de estas especies de manera de lograr su real valorización como materias primas únicas, para el desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos.

**Palabras Clave:** *Aristotelia chilensis*; *Ugni molinae*; *Fragaria chiloensis*; *Berberis buxifolia*; Polifenoles.

---

AOX, antioxidantes; AT, antocianos totales; BNCh, berries nativos chilenos; CA, capacidad antioxidante; DAD, detector con arreglo de diodos; ESI, Electro Spray Ionization, fma, forma botánica; ssp, sub-especie botánica; HPLC, cromatografía líquida de alta resolución; ; PT, polifenoles totales; UV-vis, ultravioleta-visible; var, variedad.

---

**Recibido | Received:** May 15, 2009.

**Aceptado en Versión Corregida | Accepted in Corrected Version:** July 27, 2009.

**Publicado en Línea | Published Online:** November 30, 2009

**Declaración de intereses | Declaration of interests:** Authors have no competing interests.

**Financiación | Funding:** This work was not financed.

**This article must be cited as:** Carolina Fredes. 2009. Antioxidantes en berries nativos chilenos. Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat 8(6):469 – 478. {EPub November 30, 2009}.

\*Contactos | Contacts: Email [cpfredes@uc.cl](mailto:cpfredes@uc.cl)



---

BLACPMA es una publicación de la [Cooperación Latinoamericana y Caribeña de Plantas Medicinales y Aromáticas](#)

This is an open access article distributed under the terms of a Creative Commons Attribution-Non-Commercial-No Derivative Works 3.0 Unported Licence. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>) which permits to copy, distribute and transmit the work, provided the original work is properly cited. You may not use this work for commercial purposes. You may not alter, transform, or build upon this work. Any of these conditions can be waived if you get permission from the copyright holder. Nothing in this license impairs or restricts the author's moral rights.

Este es un artículo de Acceso Libre bajo los términos de una licencia "Atribución Creativa Común-No Comercial-No trabajos derivados 3.0 Internacional" (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es>) Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra bajo las condiciones siguientes: Reconocimiento. Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadore (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra). No comercial. No puede utilizar esta obra para fines comerciales. Sin obras derivadas. No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra. Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra. Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor. Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.

---

## INTRODUCCIÓN

Los productos naturales (metabolitos secundarios) son compuestos orgánicos, producidos por las plantas, que parecen no tener una función directa sobre su crecimiento y desarrollo (Taiz y Zeiger, 1991). Estos compuestos no tienen un rol reconocido sobre procesos como la fotosíntesis, asimilación de agua y nutrientes y la respiración celular (Salisbury y Ross, 1994); sin embargo, tienen un rol importante en la defensa y adaptación de las plantas a su ambiente y como fuentes de principios activos con uso farmacéutico y alimenticio (Croteau et al., 2000).

De acuerdo al origen de sus rutas de biosíntesis, los productos naturales se dividen en terpenos o terpenoides, polifenoles y alcaloides. El interés principal sobre los polifenoles se debe a sus propiedades antioxidantes (AOX). Manach et al. (2004) clasifica los polifenoles de acuerdo al número de anillos aromáticos de sus estructuras químicas y las formas en que estos anillos se unen entre sí. De acuerdo a esta clasificación, los polifenoles se dividen en no flavonoides (ácidos fenólicos), donde se encuentran los ácidos hidroxibenzoicos (ácido eláxico) e hidroxicinámicos (ácido cafeico), flavonoides, estilbenos y lignanos. Los flavonoides que poseen dos anillos aromáticos, unidos por tres carbonos que forman un heterociclo oxigenado, se subclasifican en flavonoles, flavonas, isoflavonas, flavanonas, antocianidinas y flavanoles. Además de esta variedad de moléculas, las antocianidinas se pueden unir a diferentes azúcares en distintas posiciones formando los antocianos. Por otro lado, los ácidos hidroxibenzoicos (ácido eláxico) son componentes de compuestos de estructuras complejas como los taninos hidrolizables (elagitaninos) presentes en frutillas, frambuesas y moras, entre otras (Clifford y Scalbert, 2000).

Los flavonoides (Espin et al., 2000; Heim et al., 2002) muestran una gran capacidad para captar radicales libres causantes del estrés oxidativo, atribuyéndoseles a su vez un efecto beneficioso en la prevención de enfermedades cardiovasculares, cancerígenas y neurológicas (Ishige et al., 2001; Katsube et al., 2003; Schramm y German, 1998).

Existen diversos métodos para evaluar la capacidad antioxidante (CA) (Gil et al., 2000; Mermelstein, 2008), ya sea *in vitro* o *in vivo*. Una de las estrategias más aplicadas en las determinaciones

de la CA total *in vitro* de un compuesto, mezcla de AOX o alimento consiste en determinar la actividad del antioxidante frente a sustancias cromógenas de naturaleza radicalaria, en que la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración. No obstante, las determinaciones de la capacidad antioxidante realizadas *in vitro* dan tan sólo una idea aproximada de lo que ocurre en situaciones complejas *in vivo*. Los resultados de la CA *in vivo* de muchos polifenoles pueden diferir significativamente de los resultados *in vitro* (Manach et al., 2005; Sies, 2007; Mermelstein, 2008), ya que la absorción de los polifenoles en el organismo está determinada por sus estructuras químicas por lo que la real efectividad en el organismo dependerá de la biodisponibilidad de estos compuestos.

La CA de una mezcla de AOX no está determinada sólo por la suma de las CAs de cada uno de sus componentes; también depende del microambiente en que se encuentra el compuesto. Los compuestos interactúan entre sí pudiendo producirse efectos sinérgicos o inhibitorios (Prior y Cao, 1999; Robards et al., 1999).

Existe una gran variedad de especies de diversas familias botánicas (*Rosaceae*, *Ericaceae*, *Myrtaceae*, *Berberidaceae*, *Elaeocarpaceae*, entre otras), a cuyos frutos se les denomina berries o bayas. Éstas se caracterizan por sus frutos pequeños de colores rojo y púrpura. En términos botánicos, se define una baya como un fruto de múltiples semillas, de mesocarpio y endocarpio carnoso que proviene de una flor de ovario súpero (Bowling, 2000). Por lo tanto, en términos estrictamente botánicos, muy pocos de estos frutos son bayas verdaderas (sí lo serían el maqui y el calafate). Sin embargo, el uso del término berries es muy extendido a nivel científico y comercial (Seeram, 2008), por lo que en esta revisión, sin desmedro del uso adecuado del término botánico, se referirá a algunas especies que no poseen bayas verdaderas o que corresponden a otro tipo de frutos (por ejemplo, a poliaquenios).

El interés por el estudio de los berries nativos de Chile (BNCh) obedece a una tendencia mundial de búsqueda de frutas y nuevas materias primas con altos contenidos de AOX. Muchos berries se destacan por sus contenidos altos de polifenoles (Kahkonen et al., 1999; 2001; Seeram, 2008; Speisky et al., 2008). Halvorsen et al. (2002) determinaron la CA (método FRAP) de una serie de frutas y verduras consumidas en Noruega, en el que se destacaron las mayores CAs de algunas especies de berries silvestres (nativas), en

relación a las especies cultivadas. Es así como, por ejemplo, la frutilla silvestre europea (*Fragaria vesca*) presentó 6,88 mM equivalentes Trolox/ 100 g, en comparación con la frutilla cultivada (*Fragaria x ananassa*) que presentó 2,17 mM equivalentes Trolox/ 100 g (de fruta fresca). Algo similar se observó con el mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) que presentó 8,23 mM equivalentes Trolox/ 100 g, en comparación con el arándano (*Vaccinium corymbosum*) que presentó 3,64 mM equivalentes Trolox/ 100 g (de fruta fresca). Dada las condiciones edafoclimáticas donde crecen muchas especies de BNCh y a que los polifenoles (en especial los flavonoides) son compuestos cuya síntesis es favorecida por condiciones de estrés, se esperaría que estas especies presentaran contenidos altos de este tipo de AOX.

El objetivo de esta publicación fue revisar el estado del arte relacionado a la identificación y cuantificación de polifenoles, CA y biodisponibilidad de polifenoles de BNCh.

### Usos tradicionales de algunas especies de BNCh

La flora chilena representa un recurso genético importante, especialmente si se considera su riqueza de especies. Chile central es un “hotspot” de biodiversidad. Tiene alrededor de 1.605 plantas endémicas, que equivalen al 0,5% de las 300.000 especies de plantas descritas mundialmente. Esto se traduce en que el 46,8% de las plantas descritas en Chile sean endémicas (Myers et al., 2000). La flora nativa fue utilizada por los habitantes prehispánicos con fines diversos, entre los cuales estuvo el uso alimenticio, combustible, religioso, ornamental, cestería, tintóreo y medicinal. La tradición de uso medicinal de las plantas chilenas por las poblaciones nativas ha quedado registrada en crónicas de los colonizadores quienes, a su vez, la enriquecieron con el aporte de plantas medicinales provenientes de Europa y otras regiones (Massardo y Rossi, 1996).

Los libros de medicina naturista muestran que el uso medicinal de las plantas nativas de Chile incluye un amplio espectro de afecciones y prácticas curativas (Rozzi y Massardo, 1994 a, 1994 b).

Esta revisión se concentró en cuatro BNCh (maqui, calafate, murtilla y frutilla) que poseen usos tradicionales muy difundidos por la población rural del país (Smith-Ramírez, 1994; Massardo y Rossi, 1996) y muy arraigados a la cultura mapuche (Houghton y Manby, 1985; Molares y Ladio, 2009). Para estas especies existen diferentes estudios

científicos que describen sus propiedades AOX que intentan validar sus usos tradicionales.

El maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz), pertenece a la familia *Elaeocarpaceae* (Fig. 1). Es una especie siempre-verde nativa de Chile que se distribuye entre Limarí (IV Región) y Aisén (IX Región), tanto en el valle central como en los faldeos cordilleranos, desde cerca del nivel del mar hasta los 2.500 m de altitud (Rodríguez et al. 1983). Posee una gran plasticidad morfológica, presentándose como arbusto en la zona septentrional de su distribución y como árbol en la zona meridional. Para la cultura mapuche es una especie sagrada, símbolo de “Buena intención” (Hoffmann, 1982). Los usos tradicionales de esta especie se basan en la utilización de infusiones de hojas para el tratamiento de enfermedades de la garganta, los frutos como antidiarreicos y el jugo de los frutos, para darle tinte al vino y otras bebidas (Muñoz et al., 2001; Montenegro, 2002).

**Figura 1.** Maqui (Paredones, VI Región)



El calafate (*Berberis buxifolia* Lam.) pertenece a la familia *Berberidaceae* (Fig 2). Es un arbusto con espinas, siempre-verde nativo de Chile que se distribuye desde la Región Metropolitana a la XII Región. Las raíces de esta especie han sido utilizadas para el control de fiebres e inflamaciones, dolores estomacales, indigestiones y colitis y los frutos, por sus pigmentos naturales (Muñoz et al., 2001; Montenegro, 2002; Freile et al., 2003).

La murtilla o murta (*Ugni molinae* Turcz), pertenece a la familia *Myrtaceae* (Fig. 3). Es un arbusto siempre-verde nativo de Chile que se distribuye desde el sur de Talca (VII Región) a Río Palena (XI Región). La murta es conocida por este nombre en las provincias de Valdivia y Chiloé, como murtilla más al norte (Concepción) y como uñi, por los mapuches (Urban, 1934). Los usos tradicionales de esta especie se basan en la utilización de

infusiones de hojas para el tratamiento de infecciones urinarias y enfermedades de la garganta y los frutos, por su poder astringente (Muñoz et al., 2001; Montenegro, 2002).

**Figura 2.** Calafate (Puerto Williams, XII Región)



La frutilla chilena (*Fragaria chiloensis* (L.) Duch. ssp. *chiloensis* fma. *patagonica* Staudt y fma. *chiloensis* Staudt), pertenece a la familia *Rosaceae*. Es una planta herbácea perenne nativa de Chile que se distribuye entre la VIII y XII Región (Darrow, 1996). Lavin et al. (2000) indican que la fma. *patagonica* de frutos rojos (Fig. 4a) se distribuye entre Iloca (VII Región) y Chiloé (X Región), mientras que la fma. *chiloensis* (Fig. 4b) de frutos blancos se distribuye hasta la XII Región. El fruto de la frutilla corresponde a un poliaquenio que consiste en un talamo central carnoso con múltiples aquenios en su superficie (frutos verdaderos). Los aquenios contribuyen entre un 0,3 y 1,1 % al peso total del fruto fresco (Cheel et al. 2007). No se describen usos medicinales para hojas y frutos; sin embargo, los frutos han sido utilizados tradicionalmente para la elaboración de mermeladas y conservas.

**Figura 3.** Murtilla (Cañete, VIII Región).



**Figura 4.** Frutilla chilena: a) fma. *patagonica* (Chiloé, X Región) y b) fma. *chiloensis* (Pichihuillín, VIII Región).



### Identificación y cuantificación de polifenoles en BNCh

La identificación de polifenoles de BNCh se ha realizado mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) acoplada a diferentes tipos de detectores (DAD, ESI-MS). Para la cuantificación de polifenoles totales (PT) se ha descrito el método del reactivo de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965) y para antocianos (AT), el método diferencial de pH (Giusti y Wrolstad, 2001) mediante espectrofotometría UV-vis (ultravioleta-visible).

El interés por el maqui se ha centrado principalmente en su contenido de antocianos. Escribano-Bailón et al. (2006) identificaron mediante HPLC-DAD-MS ocho antocianos, para los que propusieron las siguientes identidades: delfinidina-3- sambubiósido -5-glucósido, delfinidina 3,5 diglucósido, cianidina-3- sambubiósido-5-glucósido, cianidina 3,5-diglucósido, delfinidina 3- sambubiósido, delfinidina 3- glucósido, cianidina 3- sambubiósido y cianidina 3- glucósido. Los derivados de delfinidina (73%) predominaron sobre los derivados de cianidina (37%), siendo la delfinidina-3- sambubiósido -5-glucósido el principal antociano (34% del total de antocianos). El contenido promedio de AT fue de 137,6 mg equivalentes de delfinidina 3- glucósido/100 g de fruta fresca.

El interés por el calafate, de manera similar al maqui, se ha centrado principalmente en sus contenidos de antocianos. No se han descrito los antocianos de calafate de manera pormenorizada, pero existen antecedentes de la evolución del contenido de AT durante el crecimiento y desarrollo del fruto (Arena y Curvetto, 2008). En este estudio se determinó que la máxima concentración de AT (761,30 mg equivalentes de cianidina 3- glucósido/100 g de fruta fresca) coincidió con la mayor concentración de sólidos solubles (24,88 °Brix) a los 126 días después de plena floración. La determinación de los sólidos solubles mediante

refractometría es un análisis simple que se realiza en terreno, que permitiría cosechar esta fruta en el momento de máxima acumulación de AT.

Los polifenoles en la murtila han sido principalmente estudiados en sus hojas, donde se han descrito ácidos fenólicos, taninos hidrolizables, flavanoles (epicatequina) y flavonoles (miricetina, quercetina) (Avello, 2000; Rubilar et al., 2006). Peña-Neira et al. (2007) determinaron los compuestos fenólicos de bajo peso molecular de frutos de murtila de diferentes ecotipos mediante HPLC-DAD. Si bien los perfiles cromatográficos variaron de acuerdo a los ecotipos analizados, los principales polifenoles identificados fueron elagitaninos y derivados de flavonoles (quercetina).

Cheel et al. (2005) aislaron tres glicósidos de ácido *E*-cinámico, triptófano y cianidina-3-O- $\beta$ -d-glucopiranosido de frutos maduros de frutilla chilena (fma. chiloensis). Los extractos de las diferentes partes del fruto (aquenios y tálamo), analizados mediante HPLC, indicaron que los aquenios contienen ácido elágico libre y cianidina-3-O- $\beta$ -d-glucopiranosido, mientras que el tálamo contiene derivados del ácido *E*-cinámico y triptófano.

Simirgiotis et al. (2009) compararon la composición fenólica de extractos de frutilla chilena (fma. chiloensis y fma. patagonica) con la frutilla comercial (cv. Chandler) mediante HPLC-DAD y

HPLC-ESI-MS. La utilización combinada de LC - DAD/ESI-MS ha sido descrita como un método excelente y exacto para el análisis de polifenoles en frutillas (Seeram et al., 2006; Aaby et al., 2007; Lopes da Silva et al., 2007). De acuerdo a ese estudio, los componentes fenólicos de las tres especies corresponden principalmente a proantocianidinas, taninos hidrolizables, antocianos y glucósidos de flavonol. En ambas frutillas chilenas el principal glucósido de flavonol fue la quercetina 3-O-glucurónido y los antocianos identificados en menores concentraciones la cianidina-malonil-glucósido y pelargonidina-malonil-glucósido. La frutilla comercial presentó el mayor contenido de AT (27,90 mg/100 g de fruta fresca), mientras que la fma. chiloensis presentó el contenido más bajo (2,20 mg/100 g de fruta fresca). La fma. patagonica presentó un contenido intermedio (22,53 mg/100 g de fruta fresca). El ácido elágico fue el principal polifenol encontrado en la frutilla chilena blanca. Este estudio permitió una clara diferenciación entre los compuestos químicos de la frutilla comercial y de la frutilla chilena.

La Tabla 1 resume los principales grupos de polifenoles identificados en BNCh, donde se destaca la presencia de flavonoles (quercetina) y antocianidinas (cianidina).

**Tabla 1.** Principales polifenoles descritos en BNCh.

Especie	Parte de la planta	No flavonoides	Flavonoides
Maqui	Baya	---	Antocianidinas (delfinidina, cianidina)
Calafate	Baya	---	Antocianidinas (ni),
Murtila	Hoja	Ácidos fenólicos (ni)	Flavanoles (epicatequina), flavonoles (miricetina, quercetina)
	Fruto	---	Flavonoles (quercetina)
Frutilla chilena	Fruto	---	Flavonoles (quercetina), antocianidinas (cianidina, pelargonidina)
	Tálamo	Ácido <i>E</i> - cinámico	---
	Aquenios	Ácidos hidroxibenzoicos (ácido elágico)	Antocianidinas (cianidina)

Adaptado de: Avello (2000), Cheel et al. (2005), Escribano-Bailón et al. (2006), Rubilar et al. (2006), Peña-Neira et al. (2007), Arena y Curvetto (2008), Simirgiotis et al. (2009). ni: compuestos químicos no identificados.

### Capacidad antioxidante y biodisponibilidad de BNCh

La determinación de la CA de BNCh se ha realizado mediante diferentes métodos: FRAP (ferric reducing activity power), TRAP (total radical-trapping antioxidant parameter), TAR (total antioxidant reactivity), TBARS (thiobarbituric acid reactive substances), radical DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidracil), ORAC (oxygen radical absorbance capacity). El método FRAP mide la reducción del ión férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ) a ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ) en la presencia de AOX, mientras que los métodos TRAP, TAR, TBARS, radical DPPH• y ORAC miden la capacidad de los AOX de atrapar diferentes tipos de radicales libres (Araya, 2002; Céspedes et al., 2008; Miranda-Rottmann et al., 2002).

Miranda-Rottmann et al. (2002) compararon los contenidos de PT y CA (métodos TRAP y TAR) de diferentes jugos concentrados (arándano, frambuesa, frutilla, cranberry, mora y maqui) y vino tinto. Las CAs fueron directamente proporcionales a los contenidos de PT, destacándose el jugo de maqui significativamente sobre el resto de los jugos concentrados y el vino tinto.

Araya et al. (2006) determinaron la CA (método FRAP) de una serie de frutas y verduras consumidas en Chile. El maqui destacó significativamente sobre el resto de las especies analizadas. Los valores de frutas estuvieron comprendidos entre 0,02 mM Fe/100 g para el pepino hasta 12,32 mM Fe/100 g para el maqui, destacando el valor alto de otros berries como la frutilla y zarzamora (3,10 y 3,55 mM Fe/100 g). En la zona intermedia se ubicaron frutos como el limón y el membrillo con (0,25 y 0,23 mM Fe/100 g) y los valores más bajos correspondieron a manzana (var. Fuji) y duraznos. Frente a estos resultados, el maqui sobresale por su CA determinada *in vitro*.

Céspedes et al. (2008) determinaron que el extracto metanólico de frutos de maqui presentó actividad antioxidante y cardioprotectora sobre la isquemia/reperfusión aguda de corazón de ratas *in vivo*. Por otra parte, este extracto fue capaz de prevenir estos eventos nocivos en el corazón del animal, por la disminución de la oxidación de lípidos y la reducción de la concentración de TBARS. Además, estos autores determinaron la CA del extracto metanólico de maqui mediante DPPH• ( $\text{IC}_{50}$ ), ORAC, FRAP y TBARS. El extracto

metanólico presentó un  $\text{IC}_{50}$  de 1,62  $\mu\text{g}/\text{mL}$  y para TBARS un valor de 2,51  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , en comparación con el jugo de maqui que presentó un  $\text{IC}_{50}$  de 12,1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  y para TBARS un valor de 9,58  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . La CA del extracto metanólico de maqui estuvo fuertemente correlacionada con el contenido de PT (12,97  $\mu\text{M}$  ECat/g), que se observó por los mayores valores de ORAC (29,69  $\mu\text{M}$  ET/g) y FRAP (25  $\mu\text{M}$  ECat/g). Estos resultados demostraron que estos frutos podrían ser útiles como fuentes de AOX, cardioprotectores y nutraceuticos.

Avello et al. (2008) evaluaron la CA (método TBARS) plasmática antes y después de la ingesta de infusiones de hojas de maqui (1%). El contenido de fenoles totales en la infusión fue de 0,074 mM equivalentes de ácido gálico. En este estudio, voluntarios sanos no fumadores y con índice de masa corporal dentro del rango normal para cada uno, bebieron esta infusión dos veces al día durante tres días (dosis descrita por la etnomedicina para el tratamiento de distintos cuadros). Los resultados indicaron un aumento promedio de la CA a las 24 h observado por medio de TBARS (30,27 %).

Rubilar et al. (2006) determinaron la CA (radical DPPH• y TBARS) de diferentes tipos de extractos de hojas de murtilla. Los solventes utilizados fueron etanol, metanol y agua. El mayor contenido de PT (2,6% de equivalentes de ácido gálico) fue obtenido con metanol, mientras que la mayor CA ( $\text{IC}_{50}$ ) fue obtenida con el extracto etanólico (0,12 M ácido gálico/M DPPH•). El agua como solvente presentó el mejor resultado de CA por el método TBARS.

Avello y Pastene (2005) evaluaron la CA (método ORAC) plasmática antes y después de la ingesta de infusiones de hojas de murtilla (1%). En este estudio, voluntarios sanos (normolipédicos y no diabéticos), bebieron esta infusión dos veces al día durante tres días. Los resultados indicaron un aumento significativo (de 2.258 a 3.108  $\mu\text{M}$  ET/L), en la CA del plasma de los voluntarios. Estos antecedentes serían un aporte valioso en la validación de los usos tradicionales de las hojas de esta especie.

Cheel et al. (2007) determinaron la CA (radical DPPH•) de la frutilla chilena (fma. patagonica y fma. chilensis), frutilla comercial (var. Chandler) y de la frutilla silvestre europea. Los resultados de este análisis fueron expresados como porcentaje de decoloración del radical DPPH, el grado de decoloración indicó la eficiencia de las especies de atrapar radicales libres. La variedad Chandler presentó la mayor CA (86%), mientras que la fma.

patagónica presentó la menor CA (43%). En este estudio, la frutilla silvestre europea presentó una CA menor que la frutilla cultivada, siendo estos resultados diferentes a los obtenidos por Halvorsen et al. (2002), lo que se podría deber a que ambos métodos de CA (radical DPPH· y FRAP) se basan en principios diferentes.

Simirgiotis et al. (2009) determinaron la CA (radical DPPH·) de extractos metanólicos de frutilla chilena (*fr. chiloensis*), de sus fracciones y compuestos purificados. Las fracciones etanólicas (B y E) presentaron CAs destacables que fluctuaron entre 20,3 y 41,4 µg/mL. Los principales compuestos químicos presentes en estas fracciones fueron pelargonidina-malonil-glucósido, elagitaninos, quercetina glucoronido y canferol cumaril-hexósido (en fracción B) y ácido elágico pentósido y ramnósido, ácido elágico y quercetina glucoronido (en fracción E).

La Tabla 2 resume los principales métodos de CA descritos en las publicaciones de BNCh. Es difícil establecer comparaciones entre los resultados obtenidos de estas publicaciones, ya que los métodos utilizados se basan en principios diferentes y bajo la

utilización de un mismo método, los resultados están expresados en diferentes unidades. Además, existen estudios de CA para jugos y extractos (con diferentes tipos de solventes) para los que los contenidos de PT y la CA pueden variar significativamente.

### COMENTARIOS Y DESAFÍOS

Los antecedentes científicos de las propiedades AOX de BNCH publicados a la fecha presentan diferentes estados de avance; siendo los frutos de maqui los mayormente estudiados. De acuerdo a estas publicaciones, esta especie se destaca tanto por sus contenidos de PT y AT como por su CA *in vitro* e *in vivo*. Sin embargo, no existen estudios de biodisponibilidad de los polifenoles de maqui, calafate, murtilla y frutilla chilena. Para infusiones de hojas de maqui y murtilla existen resultados derivados de pequeñas intervenciones en voluntarios sanos pero, no se sabe qué compuestos o metabolitos dan cuenta de la actividad antioxidante y si alcanzan concentraciones plasmáticas relevantes.

**Tabla 2.** Métodos descritos para la determinación de CA de BNCh.

Método	Expresión de resultados	Referencia
FRAP	mM Fe/100 g	Araya, 2006
	µM ECat/g	Céspedes et al., 2008
TRAP	µM ET/L	Miranda-Rottmann et al., 2002
TAR	µM E T/L	Miranda-Rottmann et al., 2002
TBARS	µg EMDA/mL	Céspedes et al., 2008
		Rubilar et al., 2006
Radical DPPH·	µg/mL	Céspedes et al., 2008
	M ácido gálico/M DPPH·	Rubilar et al., 2006
	% decoloración DPPH·	Cheel et al., 2007
	µg/mL	Simirgiotis et al. 2009
ORAC	µM ET/L	Avello y Pastene, 2005
	µM ET/g	Céspedes et al., 2008

ECat: equivalentes catequina.

ET: equivalentes Trolox.

EMDA: equivalentes malondialdehído

$$\% \text{ decoloración DPPH} \cdot = \frac{\text{absorbancia del compuesto [o extracto]} \times 100}{\text{absorbancia del blanco}}$$

Este tipo de evidencia es crucial para el desarrollo de alimentos saludables (funcionales). De acuerdo al Food and Drug Administration ([www.cfsan.fda.gov/~dms/hpotguid.html](http://www.cfsan.fda.gov/~dms/hpotguid.html)), un mensaje que describe el nivel de nutrientes AOX presentes en un alimento es un mensaje de contenido de nutrientes, y un mensaje del contenido de nutrientes AOX sólo se puede hacer para aquellos compuestos para los que esté establecida una ingesta diaria de referencia (IDR). Para esto, los compuestos (o en este caso, los polifenoles) deben tener una actividad antioxidante reconocida, es decir, debe existir evidencia científica consistente que señale que el compuesto participa en procesos fisiológicos, bioquímicos o celulares que inactivan los radicales libres o previenen las reacciones químicas iniciadas por los radicales libres después de haber sido ingerido y absorbido en el tracto gastrointestinal.

El uso de los BNCh como materias primas para el desarrollo de colorantes naturales sería otra alternativa de I+D interesante. La utilización de antocianos para el desarrollo de colorantes naturales está siendo reconsiderada por la industria alimenticia, debido a la mayor demanda de los consumidores por productos más naturales (Nachay, 2009). Esta tendencia se podría deber al cuestionamiento de la seguridad de los colorantes artificiales alimenticios y a estudios que los asocian con problemas de hiperactividad en niños entre 3 y 8-9 años (McCann et al., 2007). Frente a esto, el maqui, el calafate y la murtila representan fuentes alternativas de antocianos.

En Chile, existen pocos antecedentes de cultivo comercial de BNCh. Cabe señalar los aportes que ha realizado el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en el estudio de la murtila (<http://www.murtillachile.cl/cultivo.asp>) y diversas iniciativas locales para la frutilla chilena (*fma. chiloensis*) en la ciudad de Contulmo.

Paralelamente a la generación de nuevas investigaciones en torno a las propiedades saludables de estas especies, sería necesario avanzar en el desarrollo de manejos agronómicos que faciliten sus cultivos, no sólo con el objeto de generar una oferta de materia prima que permita el escalamiento de productos a nivel industrial, sino para garantizar el uso sustentable de estos recursos nativos de Chile a mediano plazo.

Finalmente, los BNCh podrían constituirse en materias primas únicas para el desarrollo de nuevos productos, debido a la tendencia mundial hacia

alimentos de carácter “natural” y con propiedades beneficiosas para la salud. Ante lo cual, las potencialidades de uso para los BNCh serían muy diversas y de grandes proyecciones.

## AGRADECIMIENTOS

Beca CONICYT para realizar estudios de Doctorado en Chile. A los profesores Paz Robert (Dra. Química de la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de Chile) y Miguel Gómez (Botánico de la Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica) por sus aportes valiosos a la redacción de este artículo.

## REFERENCIAS

- Aaby K, Ekeberg D, Skrede G. 2007. Characterization of phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity. *J Agr Food Chem* 55(11):4395–4406.
- Araya H, Clavijo C, Herrera C. 2006. Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivadas en Chile. *Arch Latinoam Nutr* 56(4):361-365.
- Arena M, Curvetto N. 2008. *Berberis buxifolia* fruiting: Kinetic growth behavior and evolution of chemical properties during the fruiting period and different growing seasons. *Sci Hortic* 118:120–127.
- Avello M. 2000. Estudio fitoquímicos de las hojas de *Ugni molinae* Turcz (“Murtila”) y evaluación de las propiedades antioxidantes de sus componentes. Tesis pregrado, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Avello M, Pastene E. 2005. Actividad antioxidante de infusos de *Ugni molinae* Turcz (“Murtila”). *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat* 4(2):33-39.
- Avello M, Valladares R, Ordóñez JL. 2008. Capacidad antioxidante de *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz. *Rev Cubana Plant Med.* 13(4). [citado 2009-06-19]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962008000400002&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962008000400002&lng=es&nrm=iso)
- Bowling BL. 2000. *The berry grower's companion*. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, USA. 284 p.
- Céspedes CL, Hafidi M, Pavon N, Alarcón J. 2008. Antioxidant and cardioprotective activities of phenolic extracts from fruits of Chilean blackberry *Aristotelia chilensis* (*Elaeocarpaceae*), Maqui. *Food Chem* 107:820–829.
- Cheel J, Theoduloz C, Rodríguez J, Saud G, Caligari PDS, Schmeda-Hirschmann G. 2005. *E*-cinnamic acid derivatives and phenolics from chilean strawberry fruits, *Fragaria chiloensis* ssp. *chiloensis*. *J Agr Food Chem* 53(22):8512–8518.

- Cheel J, Theoduloz C, Rodríguez J, Caligari PDS, Schmeda-Hirschmann G. 2007. Free radical scavenging activity and phenolic content in achenes and thalamus from *Fragaria chiloensis* ssp. *chiloensis*, *F. vesca* and *F. x ananassa* cv. Chandler. *Food Chem* 102:36–44.
- Clifford MN, Scalbert A. 2000. Ellagitannins: occurrence in food, bioavailability and cancer prevention. *J Food Sci Agr* 80:1118–25.
- Croteu R, Kutchan TM, Lewis N. G. 2000. Natural products (secondary metabolites). In: *Biochemistry and Molecular Biology of Plants* (Buchanan B, Gruissem W, Jones R eds.), American Society of Plant Physiologists, USA. 1250-1319.
- Escribano-Bailón MT, Alcalde-Eon C, Muñoz O, Rivas-Gonzalo JC, Santos-Buelga C. 2006. Anthocyanins in berries of maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stunz). *Phytochem Anal* 17:8-14.
- Espin JC, Sololer-Rivas C, Wichers HJ, García-Viguera C. 2000. Anthocyanin-based natural colorants: A new source of antiradical activity for foodstuff. *J Agr Food Chem* 48:1588-1592.
- Freile ML, Giannini F, Puccia G, Sturnioloc A, Roderoc L, Puccic O, Balzaretia V, Enriz RD. 2003. Antimicrobial activity of aqueous extracts and of berberine isolated from *Berberis heterophylla*. *Fitoterapia* 74:702–705.
- Gil MA, Tomás-Barberán FA, Hess-Pierce B, Holcroft DM, Kader AA. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *J Agr Food Chem* 48:4581-4589.
- Giusti MM, Wrolstad RE. 2001. Unit F1.2.1-13: Anthocyanins. Characterization and measurement with UV-Visible spectroscopy. In: *Currents Protocols in Food Analytical Chemistry* (Wrolstad RE ed.), John Wiley & Sons, New York.
- Halvorsen BL, Holte K, Myhrstad MCW, Barikmo I, Hvattum E, Remberg SF, Wold A-B, Haffner K, Baugerod H, Andersen LF, Moskaug J, Jacobs DR, Blomhoff R. 2002. A Systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *J Nutr* 132:461–471.
- Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ. 2002. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J Nutr Biochem* 13:572-584.
- Hoffmann A. 1982. *Flora silvestre de Chile. Zona Araucana. Árboles, arbustos y enredaderas leñosas*. Ed. Fundación Claudio Gay, Chile. 220 p.
- Houghton PJ, Manby J. 1985. Medicinal plants of the Mapuche. *J Ethnopharmacol* 13(1):89-103.
- Ishige K, Schubert D, Sagara Y. 2001. Flavonoids protect neuronal cells from oxidative stress by three distinct mechanisms. *Free Radical Biol Med* 30:433-446.
- Kahkonen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agr Food Chem* 47:3954-3962.
- Kahkonen MP, Hopia AI, Heinonen M. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *J Agr Food Chem* 49:4076-4082.
- Katsube N, Keiko I, Tsushida T, Yamaki K, Kobor IM. 2003. Induction of apoptosis in cancer cells by bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. *J Agr Food Chem* 51:68-75.
- Lopes da Silva F, Escribano-Bailón MT, Pérez Alonso JJ, Rivas-Gonzalo JC, Santos-Buelga C. 2007. Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT* 40:374–382.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr* 79(5):727-747.
- Manach C, Williamson G, Morand C, Scalbert A, Rémésy C. 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am J Clin Nutr* 82(suppl.):230S-242S.
- Massardo F, Rossi R. 1996. Valoración de la biodiversidad: usos medicinales de la flora nativa chilena. *AyD* 3:76-81.
- McCann D, Barrett A, Cooper A, Crumpler D, Dalen L, Grimshaw K, Kitchin E, Lok K, Porteous L, Prince E, Sonuga-Barke E, Warner JO, Stevenson J. 2007. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet* 370(9598):1560-1567.
- Mermelstein NH. 2008. Determining antioxidant activity. *Food Chem* 11:63-66.
- Miranda-Rottmann S, Aspillaga A, Pérez R, Vasquez L, Martínez F, Leighton F. 2002. Juice and phenolic fractions of the berry *Aristotelia chilensis* inhibit LDL oxidation *in vitro* and protect human endothelial cells against oxidative stress. *J Agr Food Chem* 50:7542-7547.
- Molares S, Ladio A. 2009. Ethnobotanical review of the Mapuche medicinal flora: Use patterns on a regional scale. *J Ethnopharmacol* 122:251–260.
- Montenegro G. 2002. *Chile nuestra flora útil*. Universidad Católica de Chile Chile. 267 p.
- Montes M, Wilkomirsky T. 1987. *Medicina tradicional chilena*. Editorial de la Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 58 p.
- Muñoz O, Montes M, Wilkomirsky T. 2001. *Plantas medicinales de uso en Chile*. Química y Farmacología. Editorial Universitaria, Chile. 330 p.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 43:853-858.
- Nachay K. 2009. A new color. *Food Tech* 4:50-62.
- Peña-Neira A, Fredes C, Hurtado, ML, Santos-Buelga C, Pérez-Alonso J. 2007. Low molecular weight phenolic

- and anthocyanin composition of the “Murta” (*Ugni molinae* Turcz.), a Chilean native berry. Berry Health Berry Symposium Corvallis-USA, June 11-12, 2007.
- Prior RL, Cao G. 1999. *In vivo* total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. *Free Radical Biol Med* 27(11/12):1173-1181.
- Robards K, Prenzler PD, Tucker G, Swatsitang P, Glover W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chem* 66:401-436.
- Rodríguez RR, Matthei OS, Quezada MM. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial Universitaria de Concepción, Chile. 408 p.
- Rozzi R, Massardo F. 1994a. Las Plantas Medicinales Chilenas II y III. *Inform Nueva Med* 1(5):16-17.
- Rozzi R, Massardo F. 1994b. Las Plantas Medicinales Chilenas II y III. *Inform Nueva Med* 1(6):16-17.
- Rubilar M, Pinelo M, Ihl M, Scheuermann E, Sineiro J, Nuñez MJ. 2006. Murta leaves (*Ugni molinae* Turcz) as a source of antioxidant polyphenols. *J Agr Food Chem* 54(1):59-64.
- Salisbury FC, Ross C. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. México.
- Schramm DD, German JB. 1998. Potential effects of flavonoids on the etiology of vascular disease. *J Nutr Biochem* 9:560-566.
- Seeram NP, Lee R, Scheuller HS, Heber D. 2006. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. *Food Chem* 97:1-11.
- Seeram NP. 2008. Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *J Agr Food Chem* 56:627-629.
- Sies H. 2007. Total antioxidant capacity: appraisal of a concept. *J Nutr* 137(6):1493-1495.
- Simirgiotis MJ, Theoduloz C, Caligari PDS, and Schmeda-Hirschmann G. 2009. Comparison of phenolic composition and antioxidant properties of two native Chilean and one domestic strawberry genotypes. *Food Chem* 113:377-385.
- Singleton VI, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16:144-158.
- Smith-Ramirez C. 1994. Usos artesanales del bosque nativo: la extracción silenciosa. *AyD* 2:71-76.
- Speisky H, Peña A, Gómez M, Fredes C, Hurtado M, Gotteland M, Brunser O. 2008. Antioxidants in Chilean berries. *Acta Hort (ISHS)* 777:485-492.
- Taiz L, Zeiger E. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc, USA. 565 p.
- Urban O. 1934. Botánica de las plantas endémicas de Chile. Soc. Imp. y Lit. “Concepción”. Concepción. 291 p.

