

## EFFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE EXTRACTOS DE YERBA MATE SOBRE LA CALIDAD DE MANZANAS *GRANNY SMITH* FRESCAS CORTADAS

Rodríguez Arzuaga, Mariana<sup>1,2</sup>; Piagentini, Andrea Marcela<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Tecnología de Alimentos (Facultad de Ingeniería Química U.N.L.)  
Santiago del Estero 2829 (3000). Santa Fe, Argentina.*

<sup>2</sup>*Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). Montevideo, Uruguay.  
E-mail: ampiagen@fiq.unl.edu.ar*

**Resumen:** Manzanas *Granny Smith* peladas, descorazonadas y cortadas en octavos se trataron con cada una de las siguientes soluciones con yerba mate (YM) y/o ácido ascórbico (ÁA) y ácido cítrico (ÁC): T1= [agua]; T2= [4%YM]; T3= [2%YM]; T4= [1%YM]; T5= [1%ÁC + 1%ÁA]; T6= [2%YM + 1%ÁC + 1%ÁA]; T7= [1%YM + 1%ÁC + 1%ÁA]. A cada lote de manzana tratada, incluida la materia prima, MP (T0), se le determinó el contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, pH, sólidos solubles; se evaluó sensorialmente apariencia general y pardeamiento y se les midió instrumentalmente el color, inmediatamente después de procesadas y durante 180 min, calculándose la diferencia total de color  $\Delta E^*_{ab}$ . T5 y T6 presentaron la menor  $\Delta E^*_{ab}$ , mientras que MP presentó la mayor diferencia total de color, luego de 180 min. La aplicación de tratamientos con 4% y 2% de YM (T2, T3) modificó el color original de la manzana, obteniéndose los menores valores de apariencia general y los mayores de pardeamiento. Sin embargo, las manzanas tratadas con la combinación de YM con ÁC y ÁA (T6 y T7) presentaron inicialmente el mismo tono que MP, obteniendo las mejores evaluaciones en apariencia general y pardeamiento, junto con T5. Además, T6 y T7 presentaron mayor contenido de polifenoles y capacidad antioxidante. Estos resultados permiten concluir que la aplicación de extracto de YM en combinación con ÁC y ÁA, incrementa el potencial saludable de manzanas frescas cortadas y retarda el desarrollo de pardeamiento enzimático.

Palabras clave: frutas, antioxidantes, pardeamiento.

### INTRODUCCIÓN

Los consumidores tienen una imagen favorable de las manzanas, y un alto consumo está asociado a un menor riesgo de contraer cáncer de próstata, hígado, colon y pulmón y enfermedades cardiovasculares. Algunos de estos beneficios podrían derivar de la presencia de polifenoles, y su actividad antioxidante asociada. Por lo tanto, las manzanas son una excelente materia prima para la producción de alimentos frescos cortados innovadores y funcionales (Rößle *et al.*, 2010).

Mientras que los métodos de procesamiento tradicionales extienden la vida útil de frutas y hortalizas, el mínimo procesamiento genera productos altamente perecederos (Rico *et al.*,

2007). La reducción de la vida útil se debe al daño en el tejido vegetal, que se produce durante la preparación. El pardeamiento enzimático es considerado una de las principales limitantes en la vida útil de frutas y hortalizas frescas cortadas. El pardeamiento ocurre a través de la reacción catalizada por la polifenol oxidasa (PPO). La PPO cataliza la hidroxilación de monofenoles a difenoles y la oxidación de difenoles a o-quinonas, facilitada por la difusión de oxígeno en el tejido cortado, seguido por la formación no enzimática de melaninas (Chung y Moon, 2009).

Se han utilizado diversos métodos para prevenir el desarrollo de pardeamiento enzimático, entre los que se encuentra la aplicación de diversos agentes reductores

(Oms-Oliu *et al.*, 2010). Sin embargo, los consumidores están siendo más críticos respecto del uso de aditivos sintetizados químicamente para preservar algunas características del alimento, como color, *flavor* y valor nutricional (Rico *et al.*, 2007), motivo por el cual ha aumentado el interés en la utilización de compuestos naturales (Alandes *et al.*, 2009). Martín-Diana, Rico y Barry-Ryan (2008) estudiaron la utilización del extracto de té verde para extender la vida útil de lechuga fresca cortada y concluyeron que es un método de preservación satisfactorio si se aplica a bajas concentraciones.

El “mate” es una bebida tradicional ampliamente consumida en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, que consiste en una infusión de las hojas desecadas y molidas de *Ilex paraguariensis* St. Hill., *Aquifoliaceae* (comúnmente conocidas por el nombre de yerba mate) (Dellacassa y Bandoni, 2001; Heck y Mejía, 2007). El alto contenido de polifenoles y capacidad antioxidante del “mate” lo convierten en un candidato para inhibir el desarrollo de pardeamiento enzimático en frutas frescas cortadas. Martín, Bernardi y Piagentini (2010) aplicaron infusiones de yerba mate al 1 y 2% (m/v) a extractos de la enzima PPO de manzanas variedad *Princesa* y concluyeron que los extractos de YM ejercen un importante efecto inhibitorio sobre la actividad de dicha enzima. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación preliminar del efecto de la aplicación de tratamientos con extracto de yerba mate, solo o en combinación con ácido cítrico y ácido ascórbico, sobre la calidad de manzanas *Granny Smith* frescas cortadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Materiales*

Se trabajó con manzanas variedad *Granny Smith*, adquiridas en un comercio local de la ciudad de Santa Fe, Argentina.

Se utilizó yerba mate (YM) comercial de origen argentino, del mismo año de producción y lote, adquirida en un comercio de la zona.

### *Preparación de extractos de YM*

Se agregó yerba mate a agua a 90°C. Se agitó y el extracto tapado se dejó en reposo durante 5 minutos. Luego se filtró con algodón, se dejó alcanzar temperatura ambiente y se agregó

agua hasta alcanzar el volumen total inicial. La infusión fue nuevamente filtrada, utilizando papel de filtro.

### *Preparación de las muestras*

Las manzanas se pelaron, descorazonaron y cortaron en octavos. Se sumergieron durante 3 minutos en la solución correspondiente, en una relación de 1kg manzana por 3L solución. Se escurrieron por gravedad y por último sobre papel absorbente. Al finalizar el tratamiento, las muestras tratadas, incluida la materia prima, MP (T0), fueron analizadas.

### *Tratamientos aplicados*

T1: agua.

T2: 4% YM.

T3: 2% YM.

T4: 1% YM.

T5: 1% ÁC + 1% ÁA.

T6: 2% YM + 1% ÁC + 1% ÁA.

T7: 1% YM + 1% ÁC + 1% ÁA.

### *pH y sólidos solubles*

El pH se midió con un pH-metro Horiba B-213 y los sólidos solubles utilizando un refractómetro digital “Pocket” ATAGO PAL-ALFA, expresándose los resultados en °Brix. Las medidas se realizaron por sextuplicado.

### *Determinación de color*

El color de las muestras se determinó utilizando un espectrofotómetro Minolta 508d/8, iluminante D65, ángulo del observador 10°, SCE (componente especular excluido), evaluándose los parámetros del sistema CIE: L\*, a\*, b\*, C<sub>ab</sub>\* y h<sub>ab</sub>. El día de elaboración se realizaron medidas sobre las muestras a temperatura ambiente, cada 30 minutos, durante 3 horas. Se calculó la diferencia total de color ( $\Delta E_{ab}^*$ ), para cada tratamiento, como:  $\Delta E_{ab}^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$ , siendo  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  y  $\Delta b^*$ , la diferencia entre L\*, a\* y b\* a tiempo 0 y 180 min, respectivamente.

### *Preparación de extractos para determinar polifenoles totales y capacidad antioxidante*

A las manzanas molidas se les agregó acetona/agua 80/20 en una relación peso muestra: volumen solvente de 1:10 y se llevaron 15 min al ultrasonido. Posteriormente, los extractos fueron filtrados.

### *Compuestos polifenólicos totales*

Los polifenoles totales se determinaron por el método de Folin-Ciocalteu modificado por

Singleton y Rossi (1965). El método se basa en que los fenoles son oxidados bajo condiciones alcalinas, alcanzando un máximo en la absorbancia a 760 nm. Se utilizó una curva de calibración de ácido gálico. Los análisis se realizaron por triplicado y el resultado se expresó en miligramos de ácido gálico equivalente (AGE)/100g fruta fresca.

#### Capacidad antioxidante

- Reacción con el radical DPPH\*

La actividad antirradicalaria de los extractos se cuantificó por la medida de la disminución de la absorbancia de una solución metanólica de DPPH\* de 30 mg/L a 517 nm en presencia del extracto, después de 30 min de reacción. La actividad antioxidante se expresó como capacidad antioxidante equivalente al ácido ascórbico (AEAC) usando la ecuación de Lim *et al.* (2007) adaptada (1):

$$AEAC \text{ (mg AA/100g FF)} = \frac{IC_{50}(AA) \times 10^5}{IC_{50}(\text{muestra})} \quad (1)$$

Donde:  $IC_{50} (AA)$  = cantidad de ácido ascórbico en 1 mL de reacción, necesaria para disminuir al 50% la concentración inicial de DPPH\*, obtenida de la gráfica de % DPPH\* remanente vs. Concentración (mg AA/mL reacción).

$IC_{50} (\text{muestra})$  = cantidad de muestra en 1 mL de reacción, necesaria para disminuir al 50% la concentración inicial de DPPH\*, obtenida de la gráfica de % DPPH\* remanente vs. Concentración (mL extracto/mL reacción).

$$\% \text{ DPPH* remanente} = [A_{\text{muestra}}/A_{\text{control}}] \times 100 \quad (2)$$

Donde:

$A_{\text{muestra}}$  = absorbancia muestra

$A_{\text{control}}$  = absorbancia solución de DPPH\*

- FRAP (*ferric reducing-antioxidant power*)

Se realizó una modificación del ensayo de FRAP propuesto Benzie y Strain (1996). El reactivo FRAP se preparó con un buffer acetato 300 mM (pH 3,6), una solución de 10 mM de TPTZ en HCl 40 mM y una solución de cloruro de hierro (III) 20 mM, en una proporción de 10:1:1 (v/v), respectivamente. El reactivo FRAP fue preparado el día del análisis y se mantuvo a 37°C hasta el momento de su utilización. 50 µL de muestra se incubaron junto con 900 µL de reactivo de FRAP y 130 µL de agua durante 30 minutos, a 37°C. Al cabo de este tiempo se midió la absorbancia a 593 nm. Se utilizó una curva de calibración de sulfato de hierro (II) y los resultados se

expresaron en µmoles de Fe/100 g fruta fresca. Todas las medidas se realizaron por triplicado.

#### Evaluación sensorial

Un panel de 8 jueces entrenados, evaluaron sensorialmente las muestras. Se utilizaron escalas no estructuradas de 10 cm con dos términos anclas, ubicados cada uno a 1 cm de cada extremo, para evaluar los atributos: Apariencia general (1= Mala, 9= Muy buena) y Pardeamiento (1= Muy poco, 9= Mucho).

#### Análisis estadístico

Se realizaron ANOVAs unifactoriales para comparar los resultados obtenidos para las distintos tratamientos. Se aplicó el Test de Tukey, con un nivel de confianza del 95% para detectar diferencias significativas entre muestras. Se llevaron a cabo pruebas t de Student para comparar los resultados de color obtenidos, a tiempo 0 y 180 min. Se utilizó el software Statgraphics Centurion XV.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### pH y sólidos solubles

Todos los tratamientos con YM y/o AC y AA redujeron significativamente ( $p < 0,05$ ) el pH de las muestras, excepto para T1 (agua) y T4 (1% YM). Los tratamientos aplicados no modificaron significativamente el contenido de sólidos solubles de las manzanas ( $p > 0,05$ ), obteniéndose valores de 11,1 a 11,8°Brix (Tabla 1).

Tabla 1– pH y sólidos solubles de manzanas

Muestra	pH	Sólidos solubles (°Brix)
T0	(3,65 ± 0,11) <sup>b</sup>	(11,8 ± 0,1) <sup>a</sup>
T1	(3,45 ± 0,05) <sup>a,b</sup>	(11,2 ± 0,2) <sup>a</sup>
T2	(3,40 ± 0,01) <sup>a</sup>	(11,4 ± 0,4) <sup>a</sup>
T3	(3,42 ± 0,06) <sup>a</sup>	(11,3 ± 0,6) <sup>a</sup>
T4	(3,47 ± 0,05) <sup>a,b</sup>	(11,3 ± 0,7) <sup>a</sup>
T5	(3,39 ± 0,10) <sup>a</sup>	(11,1 ± 0,3) <sup>a</sup>
T6	(3,30 ± 0,05) <sup>a</sup>	(11,2 ± 0,5) <sup>a</sup>
T7	(3,39 ± 0,10) <sup>a</sup>	(11,7 ± 0,7) <sup>a</sup>

Letras distintas dentro de una misma columna indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

### Color

Una vez finalizado el procesamiento de las manzanas, éstas se mantuvieron a temperatura ambiente, durante 180 minutos, midiéndose instrumentalmente el color cada 30 minutos. En la Tabla 2, se puede ver que las muestras T2

y T3 presentaron la menor luminosidad a tiempo 0. Al cabo de los 180 minutos se observó un descenso del parámetro L\* (oscurecimiento) en T0, T1, T2 y T3, mientras que en el resto de las muestras la luminosidad se mantuvo durante ese período. Estos resultados indican que la aplicación de YM sola, al 4 o 2%, favorece el oscurecimiento de las muestras. Por otro lado, al aplicar YM en

combinación con AC y AA no se obtuvo un efecto negativo sobre el color.

T1, T5, T6 y T7 presentaron el menor valor de croma, y el ángulo de tono más alto, a tiempo 0. Luego de 180 min, las muestras T0, T1 y T2 presentaron un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) en el  $C^*_{ab}$ . Mientras que T5 y T6 fueron los únicos tratamientos que mantuvieron el valor inicial de  $h_{ab}$  al cabo de 180 minutos.

Tabla 2- Parámetros L\*,  $C^*_{ab}$  y  $h_{ab}$  de manzanas frescas cortadas luego de 0 y 180 min de tratadas.

Tratamiento	L*		$C^*_{ab}$		$h_{ab}$	
	0 min	180 min	0 min	180 min	0 min	180 min
T0	76,49 <sup>b,B</sup>	73,59 <sup>a,b,A</sup>	19,13 <sup>b,c,A</sup>	23,72 <sup>b,c,B</sup>	97,74 <sup>d,B</sup>	91,68 <sup>b,c,A</sup>
T1	76,69 <sup>b,B</sup>	75,34 <sup>b,c,A</sup>	15,75 <sup>a,A</sup>	17,50 <sup>a,B</sup>	95,23 <sup>c,B</sup>	92,13 <sup>c,d,A</sup>
T2	74,32 <sup>a,B</sup>	70,75 <sup>a,A</sup>	20,15 <sup>c,d,A</sup>	23,23 <sup>b,c,B</sup>	91,78 <sup>a,B</sup>	86,22 <sup>a,A</sup>
T3	74,59 <sup>a,B</sup>	71,68 <sup>a,A</sup>	21,75 <sup>d,A</sup>	24,45 <sup>c,A</sup>	93,25 <sup>a,b,B</sup>	87,34 <sup>a,b,A</sup>
T4	76,27 <sup>b,A</sup>	75,27 <sup>b,c,A</sup>	19,11 <sup>b,c,A</sup>	20,26 <sup>a,b,A</sup>	94,73 <sup>b,c,B</sup>	91,37 <sup>b,c,A</sup>
T5	76,43 <sup>b,A</sup>	76,26 <sup>b,c,A</sup>	17,66 <sup>a,b,A</sup>	17,63 <sup>a,A</sup>	96,09 <sup>c,d,A</sup>	96,31 <sup>d,A</sup>
T6	76,53 <sup>b,A</sup>	76,76 <sup>c,A</sup>	16,92 <sup>a,b,A</sup>	16,64 <sup>a,A</sup>	96,20 <sup>c,d,A</sup>	96,39 <sup>d,A</sup>
T7	76,31 <sup>b,A</sup>	76,43 <sup>c,A</sup>	17,85 <sup>a,b,A</sup>	17,58 <sup>a,A</sup>	96,28 <sup>c,d,B</sup>	94,90 <sup>c,d,A</sup>

Para cada parámetro, letras minúsculas distintas, dentro de una misma columna, indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos y letras mayúsculas distintas, dentro de una misma fila, indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tiempos.

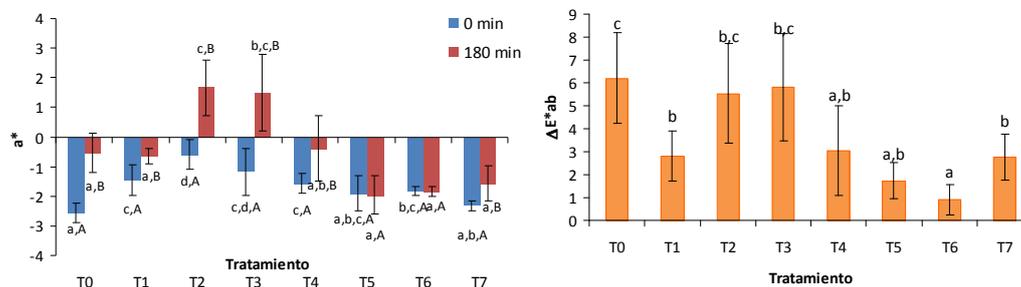


Figura 1. Parámetro  $a^*$  (a) y diferencia total de color (b) de manzanas frescas cortadas. Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

Piagentini *et al.* (2012) compararon el color de manzanas mínimamente procesadas, de variedad *Granny Smith* y *Princesa*, tratadas con 1% AC + 1% AA y sin tratar. Encontraron que, para ambas variedades, las muestras tratadas químicamente presentaron valores de L\* significativamente más altos que aquellas sin tratar, luego de 15 días a 2,5°C.

El aumento del valor absoluto del parámetro  $a^*$  indica mayor desarrollo de tono rojo, cuando  $a^* > 0$ , y mayor tono verde si  $a^* < 0$ . En la Figura 1a se observa que, al cabo de los 180 minutos los tratamientos con 4 y 2% de YM (T2 y T3)

provocan un cambio de color de rojo a verde. T4, T5 y T6 presentan la menor diferencia total de color (Figura 1b).

#### Compuestos polifenólicos totales

Los valores de polifenoles totales obtenidos para la MP, son del mismo orden que los publicados en bibliografía. Drogoudi y Pantelidis (2011) determinaron 31,2 mg AGE por 100g de pulpa fresca de manzana *Granny Smith*, mientras que Song *et al.* (2007) obtuvieron un valor aproximado de 100 mg AGE/100g, para la misma variedad.

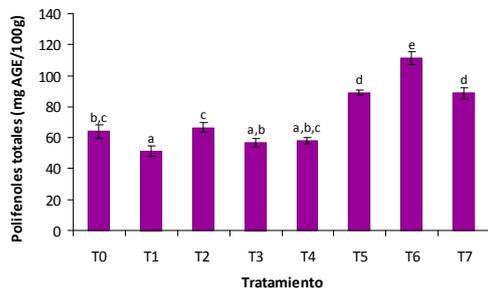


Figura 2. Contenido de polifenoles totales de manzanas frescas cortadas.

Letras distintas dentro de una misma columna indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

T6 presentó el mayor nivel de compuestos polifenólicos (111,2 mg AGE/100g), seguido por T5 y T7 (88,9 y 88,7 mg AGE/100g, respectivamente). T1, con 51,3 mg AGE/100g, fue el tratamiento con concentración de polifenoles más baja, junto con T3 y T4 (Figura 2).

#### Capacidad antioxidante por el método del radical DPPH\*

T6 presentó la mayor actividad antioxidante (141,65 mg ÁA/100g), mientras que las manzanas tratadas con agua (T1), presentaron la menor capacidad antioxidante por este método (38,53 mg ÁA/100g). Sin embargo T1 no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) con T3 y T4 (Figura 3).

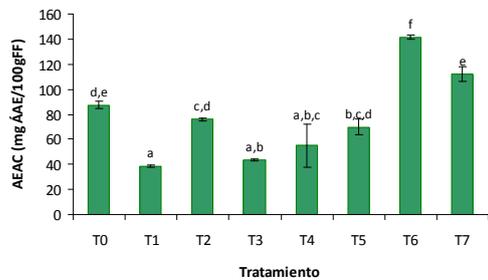


Figura 3. Actividad antioxidante por método del DPPH\* de manzanas frescas cotadas

Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

#### Capacidad antioxidante por el método de FRAP

Los resultados coinciden con aquellos obtenidos por el método de DPPH\*, en que T6 presenta la mayor capacidad antioxidante y T1 la menor (407,73 y 175,82  $\mu\text{moles Fe}/100\text{gFF}$ , respectivamente (Figura 4).

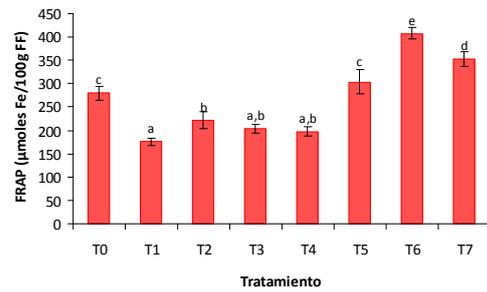


Figura 4. Actividad antioxidante por método de FRAP, de manzanas frescas cortadas.

Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

Drogoudi y Pantelidis (2011) determinaron la AEAC en la pulpa de manzanas *Granny Smith* y obtuvieron resultados del mismo orden (34,3 mg ÁA/100g) que los informados en el presente trabajo para la MP. A su vez, Depetris *et al.* (2009) aplicaron una solución acuosa de 1% ÁC + 1% ÁA a manzanas frescas cortadas *Granny Smith*, determinaron actividad antioxidante por el método del radical DPPH\* y obtuvieron resultados similares a los obtenidos en el presente estudio, para T5.

#### Evaluación sensorial

T2 y T3 (4 y 2% de YM, respectivamente) presentaron el menor puntaje en apariencia general y el mayor nivel de pardeamiento (Tabla 3). Sin embargo, al combinar YM con ÁC y ÁA, no se observa este efecto perjudicial, ya que los puntajes de estas muestras son muy similares a los que obtuvo T5 (tratamiento con ÁC y ÁA, sin YM). Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial coinciden con aquellos obtenidos al determinar el color instrumentalmente (T2 y T3 presentaron el menor  $L^*$ ).

Tabla 3. Evaluación sensorial de manzanas frescas cortadas.

Muestra	Apariencia general	Pardeamiento
T0	7,6	1,7
T1	8,0	2,5
T2	1,5	9,0
T3	2,5	7,7
T4	5,5	3,4
T5	9,0	0,5
T6	8,9	0,5
T7	8,6	1,0

## CONCLUSIONES

La aplicación de un extracto de yerba mate en combinación con ácido cítrico y ascórbico a manzanas mínimamente procesadas retarda el pardeamiento enzimático sin detrimento de su calidad sensorial. Por lo tanto, la aplicación de yerba mate junto con ácido cítrico y ascórbico podría ser un buen método antioxidante para manzanas frescas cortadas que permita reducir las concentraciones de estos ácidos utilizadas habitualmente. Podemos concluir que, de acuerdo a los resultados obtenidos, el tratamiento con extractos de yerba mate con ácidos cítrico y ascórbico, a manzanas *Granny Smith* frescas cortadas, incrementa su potencial saludable y retarda el desarrollo de pardeamiento enzimático, aportando compuestos con actividad antioxidante con potencial beneficio para la salud.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado con fondos de Universidad Nacional del Litoral, proyecto CAI+D 2009 PI N° 103 Programa 18.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alandes, L.; Quiles, A.; Pérez-Munuera, I. y Hernando I. (2009). Improving the quality of fresh-cut apples, pears, and melons using natural additives. *J. Food Science*, 74 :90-96.
- Benzie, I.F.F. y Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239:70-76.
- Chung, H. y Moon, K. (2009). Browning characteristics of fresh-cut 'Tsugaru' apples as affected by pre-slicing storage atmospheres. *Food Chem.*, 114:1433-1437.
- Dellacassa, E. y Bandoni, A.L. (2001). El mate. *Revista de fitoterapia*, 1(4):269-278.
- Depetris, C.; Bernardi, C.; Piagentini, A. M. 2009. Efecto de la variedad, tratamiento químico y tiempo de almacenamiento sobre compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de manzanas frescas cortadas. XVII Jornadas de Jóvenes Investigadores: (AUGM). Concordia, 27-29 octubre 2009
- Drogoudi, P.D. y Pantelidis, G. (2011). Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico-chemical and antioxidant properties in different apple cultivars. *Scientia Horticulturae*, 129:752-760.
- Heck, C.I. y Mejía, E.G. (2007). Yerba mate tea (*Ilex paraguariensis*): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. *Journal of Food Science*, 72(9):138-151.
- Lim, Y.; Lim. T.; Tee. J (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits a comparative study. *Food Chem.*103:1003-1008.
- Martín, L.; Bernardi, C. y Piagentini, A.M. (2010). Inhibición de la actividad de la enzima polifenoloxidasas de manzana var. Princesa con extractos de yerba mate. *Actas XVIII Jornadas de Jóvenes Investigadores*, (AUGM), Santa Fe, Argentina.
- Martín-Diana, A.B.; Rico, D. y Barry-Ryan, C. (2008). Green tea extract as a natural antioxidant to extend the shelf-life of fresh-cut lettuce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9:593-603.
- Oms-Oliu, G.; Rojas Graü, M.A.; Alandes González, L.; Varela, P.; Soliva-Fortuny, R.; Hernando Hernando, M.I.; Pérez Munuera, I.; Fiszman, S. y Martín-Belloso, O. (2010). Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruits: a review. *Postharvest Biology and Technology*, 57:139-148.
- Piagentini, A., Martín, L., Bernardi, C., Güemes, D. y Pirovani, M. (2012). Chapter 28: Color changes in fresh-cut fruits as affected by cultivar, chemical treatment and storage time and temperature. En *Color in Food: Technological and Psychophysical Aspects*. Ed.: J.L. Caivano y M.P. Buera. CRC, 263-270, pp 454.
- Rico, D.; Martín-Diana, A.B.; Barat, J.M. y Barry-Ryan, C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18:373-386.
- Röbke, C.; Brunton, N.; Gormley, R.T.; Ross, P.R. y Butler, F. (2010). Development of potentially symbiotic fresh-cut apple slices. *Journal of functional foods*, 2:245-254.
- Singleton, V.; Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American J. of Enology and Viticulture*, 16:144-158.
- Song, Y.; Yao, Y.; Zhai, H.; Du, Y.; Chen, F.; Wei, S (2007). Polyphenolic compound and the degree of browning in processing apple varieties. *Agricultural Sciences in China*, 6(5):607-612.