

EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL EFECTO DEL TRATAMIENTO QUÍMICO SOBRE ATRIBUTOS FÍSICOQUÍMICOS, SENSORIALES Y BIOACTIVOS DE MANZANAS FRESCAS CORTADAS

Rodríguez Arzuaga, Mariana^{1,2}; Güemes, Daniel¹; Benavides, María Jimena¹; Rivas, María Zoé¹; Pirovani, María Élide¹; Piagentini, Andrea Marcela^{1*}

¹Instituto de Tecnología de Alimentos (FIQ-UNL). 1° de Mayo 3250 (3000). Santa Fe, Argentina. *ampiagen@fiq.unl.edu.ar; ²Laboratorio Tecnológico del Uruguay. Av. Italia 6201 (11500). Montevideo, Uruguay.

Palabras clave: procesamiento mínimo, polifenoles, pardeamiento, firmeza.

RESUMEN

Se evaluó la respuesta de la aplicación de tratamientos químicos en base a ácido cítrico, ácido ascórbico y cloruro de calcio a manzanas Granny Smith frescas cortadas durante el almacenamiento refrigerado. Se aplicaron tres tratamientos por inmersión a manzanas lavadas, desinfectadas, peladas y cortadas en octavos: agua (T1), solución acuosa de 0,5% ácido cítrico + 0,5% ácido ascórbico + 0,25% cloruro de calcio (T2), y solución acuosa de 1,0% ácido cítrico + 1,0% ácido ascórbico + 0,5% cloruro de calcio (T3). Se determinó pH, sólidos solubles, firmeza, color (L^* , a^* , b^* , C^*_{ab} , h_{ab}), contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de la materia prima (MP), y de las muestras el día de preparación y luego de 7 días de almacenamiento a 1,5°C. También se evaluó sensorialmente la apariencia general, presencia de off-odors, desarrollo de pardeamiento, presencia de off-flavors y textura. El mínimo procesamiento redujo la firmeza, contenido de sólidos solubles y luminosidad (L^*) de la pulpa de la MP, no encontrándose diferencias significativas ($p>0,05$) entre las muestras tratadas T1, T2 y T3, en el día de procesamiento. Los tratamientos T2 y T3 redujeron el pH inicial de las muestras. Las manzanas T3 presentaron menores valores de a^* , b^* y C^*_{ab} , y mayores de h_{ab} , tanto el día de procesamiento como después de 7 días. Los tratamientos T2 y T3 mantuvieron el contenido inicial de polifenoles y capacidad antioxidante de la MP. El tratamiento T3 presentó el menor desarrollo de off-odors, pardeamiento y off-flavors, y los mayores valores en textura y apariencia general, tanto el día de procesamiento como luego de 7 días. Se puede concluir que la aplicación del tratamiento T3, resultó efectivo para reducir el deterioro de las manzanas Granny Smith frescas cortadas.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE EFFECT OF CHEMICAL TREATMENT ON PHYSICOCHEMICAL, SENSORY AND BIOACTIVE ATTRIBUTES OF FRESH CUT APPLE

Key words: minimal processing, polyphenols, browning, firmness

ABSTRACT

The application of chemical treatments based on citric acid, ascorbic acid and calcium chloride to fresh cut Granny Smith apples during refrigerated storage was evaluated. Three treatments were applied by dipping the washed, disinfected, peeled and cut into eighths apples: water (T1), aqueous solution of 0.5% citric acid + 0.5% ascorbic acid + 0.25% calcium chloride (T2), and aqueous solution of 1.0% citric acid + 1.0% ascorbic acid + 0.5% calcium chloride (T3). pH, soluble solids, firmness, color (L^* , a^* , b^* , C^*_{ab} , h_{ab}), polyphenol content and antioxidant capacity were determined on raw material (MP), and treated samples after 0 and 7 days of storage at 1.5 °C. The overall appearance, presence of off-odors, browning development, presence of off-flavors and texture were sensory evaluated. The minimal processing reduced firmness, soluble solids content, and luminosity (L^*) of the pulp of MP. No significant differences ($p> 0.05$) were found among samples treated with T1, T2 and T3 on the processing day. T2 and T3 reduced the initial pH of the samples. Apples T3 showed lower values of a^* , b^* and C^*_{ab} and higher values of h_{ab} over both the processing day and after 7 days. T2 and T3

maintained the initial content of polyphenols and antioxidant capacity of MP. T3 treatment had the lowest levels of off-odors, browning and off-flavors development, and the highest values in texture and overall appearance, both at the processing day and after 7 days. It can be concluded that the application of T3 treatment was effective in reducing the deterioration of fresh cut Granny Smith apples during refrigerated storage.

INTRODUCCIÓN

Los cambios en el estilo de vida de las personas, junto con la concientización entre los consumidores sobre la importancia de una alimentación saludable, han generado una demanda creciente de frutas y hortalizas mínimamente procesados, con atributos de calidad (tales como apariencia, textura y flavor), similares a los de los productos frescos (Soliva-Fortuny et al., 2001). Para las personas activas, las manzanas frescas cortadas constituyen una forma práctica y con bajo aporte de calorías, de consumir frutas “al paso” (Abbott et al., 2004).

El mínimo procesamiento se ha definido como una combinación de procedimientos, como lavado, clasificación, recorte, pelado o cortado, que permiten obtener un producto con características similares a las de la fruta u hortaliza original (Soliva-Fortuny et al., 2001).

Debido a que la integridad celular de las frutas es alterada durante el procesamiento, los productos listos para consumir son más perecederos que los frutos originales (Soliva-Fortuny et al., 2001). Por lo tanto, el desarrollo de productos frescos cortados requiere una adecuada selección de la variedad así como la utilización de métodos de preparación y condiciones de almacenamiento apropiados (Abbott et al., 2004).

El procesamiento de manzanas frescas cortadas requiere superar el rápido pardeamiento enzimático del tejido, el desarrollo microbiano y el deterioro fisiológico durante el transporte y el almacenamiento (Abbott et al., 2004). En los últimos años se han estudiado distintos métodos para controlar la calidad de las manzanas mínimamente procesadas. Éstos incluyen la aplicación de antioxidantes y la utilización de atmósferas modificadas para controlar el

pardeamiento, el agregado de ácidos orgánicos como antimicrobianos, o sustancias tales como el lactato de calcio para contrarrestar la pérdida de firmeza (Alandes et al., 2009).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta a la aplicación de tratamientos químicos en base a ácido cítrico, ácido ascórbico y cloruro de calcio a manzanas Granny Smith frescas cortadas durante el almacenamiento refrigerado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las muestras

Recepción y selección de la materia prima.

Se trabajó con manzanas Granny Smith adquiridas en un comercio local de la ciudad de Santa Fe. Una vez recibida la materia prima (MP), ésta se almacenó en cámara refrigerada a 1,5°C hasta el momento de la preparación.

Lavado y desinfección. Las manzanas enteras se sumergieron en una solución de agua con 200 ppm de cloro libre, pH 7,0, durante 3 min. Posteriormente se realizó un enjuague con ducha de agua potable y se escurrieron por gravedad.

Pelado y cortado. Las manzanas se pelaron con cuchillos de hoja lisa, se descorazonaron y se cortaron en octavos.

Tratamiento químico.

Los octavos de manzanas se dividieron en tres lotes iguales y cada uno se sumergió durante 3 min en:

Tratamiento 1 (T1): agua a 24,5°C y pH=7,58. Relación peso manzana: volumen agua 1:4.

Tratamiento 2 (T2): solución acuosa de 0,5% ácido cítrico (ÁC) + 0,5% ácido ascórbico (ÁA) + 0,25% cloruro de calcio, a 23,9°C y pH=2,33. Relación peso manzana: volumen solución 1:4.

Tratamiento 3 (T3): solución acuosa de 1,0% ÁC + 1,0% ÁA + 0,5% cloruro de calcio, a 23,4°C y pH=2,04. Relación peso manzana: volumen solución 1:4.

Ecurrido. Los segmentos se escurrieron por gravedad y luego sobre papel absorbente durante dos minutos.

Envasado y Almacenamiento. Se utilizaron envases de tereftalato de polietileno (PET) de forma cilíndrica con tapa del mismo material. Se envasaron cuatro segmentos de manzana por pote (80 g aproximadamente) y se almacenaron a 1,5°C y 90% HR.

Pérdida de peso

Se pesaron los envases con producto el día de la preparación y a los 7 días de almacenamiento. La pérdida de peso se calculó por diferencia y se expresó como porcentaje del peso inicial.

Firmeza

Se determinó sobre la pulpa de la fruta, utilizando un texturómetro Penefel DFT Digital Firmness tester (Agro Technologies). Se utilizó una punta de 11mm y el resultado se expresó en Newton (N). Las medidas se realizaron por sextuplicado.

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.

Color

Se determinó sobre la superficie cortada de la fruta, con un espectrofotómetro Minolta 508d, iluminante D65, 10° y SCE, midiendo los parámetros CIELAB: L* (100: blanco; 0: negro), a* (a*>0: rojo; a*<0: verde), b* (b*>0: amarillo b*<0: azul). También se determinaron: C*ab=(a*²+b*²)^{0,5}, y el ángulo de tono hab=arctan(b*/a*). Se realizaron 12 medidas por muestra.

Determinación del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante

Extracción. A la muestra molida se le agregó acetona/agua 80/20 en una relación

peso muestra: volumen solvente de 1:10 y se llevó 15 min al ultrasonido.

Polifenoles totales. Se determinaron de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu modificado por Singleton y Rossi (1965). Las medidas se realizaron en un espectrofotómetro UV-Visible - MILTON ROY - Spectronic Génesis 5. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en miligramos de ácido gálico equivalente (AGE) por 100 g de pulpa.

Capacidad antioxidante. 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 de la muestra, a los 30 min de reacción. La actividad antioxidante se expresó como capacidad antioxidante equivalente al ácido ascórbico (AEAC) usando la siguiente ecuación (Lim, Y. Y.; Lim. T. T. y Tee. J. J., 2007):

$$AEAC \text{ (mg } \text{ÁA}/100\text{g pulpa)} = IC_{50(\text{AA})} * 10^5 / IC_{50(\text{muestra})}$$

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

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

$$\% \text{ DPPH*}_{\text{remanente}} = [A_{\text{muestra}}/A_{\text{control}}] * 100$$

A_{muestra} = absorbancia muestra

A_{control} = absorbancia solución de DPPH*

Evaluación sensorial. Tanto la materia prima como las manzanas tratadas fueron analizadas sensorialmente por un panel de cinco jueces. Se evaluaron los siguientes

atributos, utilizando escalas no estructuradas, con términos anclas: Apariencia general (1: Mala, 5: Muy buena); Pardeamiento (1: Imperceptible, 5: Muy intenso); Off-odors (1: Imperceptible, 5: Muy intenso); Off-flavors (1: Imperceptible, 5: Muy intenso); Textura (1: Blanda, 5: Crujiente).

Análisis estadístico

Se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurion XV. Se realizó un análisis de varianza para comparar los tres tratamientos y la materia prima al tiempo inicial y al cabo de los siete días. Se utilizó el test de Tukey para determinar diferencias significativas entre muestras. Se realizaron tres pruebas t para comparar los resultados obtenidos para cada tratamiento, el día de procesamiento y al finalizar el almacenamiento. En todos los casos se utilizó un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se detectó pérdida de peso en ninguna de las muestras luego de 7 días de almacenamiento refrigerado.

En la Tabla 1, se observa que inicialmente la materia prima presentó mayor firmeza que las manzanas mínimamente procesadas, cualquiera sea el tratamiento aplicado. La firmeza de las manzanas frescas cortadas fue

similar para los tres tratamientos aplicados y no se modifica significativamente durante los 7 días de almacenamiento. En el estudio realizado por Cocci et al. (2006), los valores de firmeza disminuyeron notablemente con el tiempo de almacenamiento, en las manzanas Golden Delicious frescas cortadas tratadas químicamente con 1% de ÁA y 1% de ÁC, en comparación con las manzanas control.

Los resultados de pH se presentan en la Tabla 1. Inicialmente T3 tuvo el menor pH, seguido por T2, mientras que MP y T1 presentaron valores mayores y similares de pH. Al cabo de una semana, el pH de T1 disminuyó y el de los tratamientos restantes aumentó ligeramente, aproximándose al valor de la materia prima.

La MP presentó un mayor contenido de sólidos solubles que las muestras tratadas, el día de la elaboración (Tabla 1). Esto puede explicarse por una pérdida de sólidos por solubilización/lixiviación, ocurrida durante los tratamientos. Al finalizar los siete días de almacenamiento, no se detectaron diferencias significativas entre los 3 tratamientos. T1 y T2 sufrieron una disminución del contenido de sólidos solubles, mientras que el contenido de sólidos de T3 se mantuvo constante.

Tabla 1. Firmeza, pH y sólidos solubles de manzanas frescas cortadas

Atributo	Tiempo (d)	MP	T1	T2	T3
Firmeza (N)	0	(71,36±2,68) ^b	(63,97±2,68) ^{a,A}	(61,93±3,44) ^{a,A}	(63,34±4,06) ^{a,A}
	7		(64,17±2,19) ^{a,A}	(64,30±5,59) ^{a,A}	(63,68±3,37) ^{a,A}
pH	0	(3,43±0) ^c	(3,38±0,05) ^{c,B}	(3,23±0,01) ^{b,A}	(3,12±0,05) ^{a,A}
	7		(3,28±0,05) ^{a,A}	(3,32±0,01) ^{b,B}	(3,32±0) ^{b,B}
Sólidos solubles (°Brix)	0	(12,3±0,2) ^b	(10,9±0,6) ^{a,B}	(10,6±0,6) ^{a,B}	(10,5±0,5) ^{a,A}
	7		(10,0±0,4) ^{a,A}	(9,6±0,5) ^{a,A}	(10,0±0,7) ^{a,A}

Promedios ± desviación estándar. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre columnas. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en un atributo, entre distintos tiempos de almacenamiento, para cada tratamiento.

En la Tabla 2 se presentan los valores de los parámetros de color. La luminosidad (L^*) de las muestras mínimamente procesadas fue ligeramente menor al de la materia prima, el día del procesamiento. Luego de 7 días, todas las muestras tratadas presentaron valores similares entre si, pero T2 y T3 menores al día inicial. El parámetro a^* de MP fue similar a T1, pero las muestras T2 y T3 presentaron menores valores iniciales. Después de 7 días, a^* aumentó en las tres muestras tratadas, pero siempre se mantuvo en valores negativos (componente verde). Los parámetros b^* y C^*_{ab}

de las muestras procesadas fueron similares al de la MP el día de procesamiento. Luego de 7 días de almacenamiento, b^* y C^*_{ab} para T1 y T2 aumentaron, y para T3 se mantuvo constante, presentando los menores valores. El valor inicial del ángulo de tono (h_{ab}) de MP fue similar al de T1, pero menor al de las muestras T2 y T3 (mayor tonalidad verdosa, característica de esta variedad de manzana). Durante el almacenamiento, h_{ab} disminuyó para los 3 tratamientos, presentando T3 los mayores valores.

Tabla 2. Color de manzanas frescas cortadas

Parámetro	Tiempo (d)	MP	T1	T2	T3
L^*	0	(78,55±0,70) ^b	(76,69±1,21) ^{a,A}	(76,92±1,02) ^{a,B}	(77,22±0,78) ^{a,B}
	7		(76,20±0,88) ^{a,A}	(75,56±1,09) ^{a,A}	(76,02±1,35) ^{a,A}
a^*	0	(-1,75±0,29) ^c	(-1,71±0,37) ^{c,A}	(-2,49±0,35) ^{b,A}	(-3,02±0,29) ^{a,A}
	7		(-1,04±0,40) ^{b,B}	(-0,91±0,36) ^{b,B}	(-2,35±0,28) ^{a,B}
b^*	0	(18,62±1,70) ^a	(18,16±1,45) ^{a,A}	(18,54±1,32) ^{a,A}	(17,43±1,43) ^{a,A}
	7		(19,44±1,45) ^{b,B}	(19,77±0,72) ^{b,B}	(17,60±0,76) ^{a,A}
C^*_{ab}	0	(18,70±1,71) ^a	(18,35±1,85) ^{a,A}	(18,71±1,33) ^{a,A}	(17,43±1,09) ^{a,A}
	7		(19,74±1,64) ^{b,B}	(19,80±0,71) ^{b,B}	(17,63±0,72) ^{a,A}
h_{ab} (°)	0	(95,34±0,50) ^a	(95,52±1,36) ^{a,B}	(97,70±1,02) ^{b,B}	(99,78±0,38) ^{c,B}
	7		(93,27±1,09) ^{a,A}	(92,68±1,13) ^{a,A}	(97,60±0,68) ^{b,A}

Promedios ± desviación estándar. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre columnas. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en un parámetro, entre distintos tiempos de almacenamiento, para cada tratamiento.

Inicialmente, en la figura 1(a), se puede observar que T1 presentó el menor contenido de polifenoles (59,14 mg AGE/100g), mientras que T2 y T3 presentan valores mayores y similares a la MP. Durante el almacenamiento ocurrió un descenso de los polifenoles en T1 y T2, pero la concentración de polifenoles de T3 no varió significativamente. El nivel de polifenoles de T2 (72,90 mg AGE/100g) y T3 (74,52 mg AGE/100g) fue significativamente superior ($p \leq 0,05$) al de T1, tal como ocurrió al día 0. Seipel et al. (2009) observaron que, durante el almacenamiento de manzanas Granny Smith frescas cortadas, los contenidos de polifenoles se mantuvieron constantes, siendo los valores más altos siempre los de las

muestras tratadas químicamente con ácido ascórbico y cítrico.

En la Figura 1(b) se observa que inicialmente, la capacidad antioxidante de las cuatro muestras analizadas presentó el mismo comportamiento que el contenido de polifenoles. Durante el almacenamiento, la actividad antioxidante de T1 aumentó, la de T2 se mantuvo y la de T3 descendió. Al final del almacenamiento T2 presentó el mayor valor de capacidad antioxidante (69,38 mg ÁA/100g).

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial se presentan en la Tabla 3. La presencia de off-odors fue imperceptible en todos los tratamientos, a los días 0 y 7 de almacenamiento. Inicialmente, la apariencia

general de T2 y T3 es igual a la de la MP, mientras que T1 obtuvo un puntaje levemente inferior. Luego de los 7 días de almacenamiento, el puntaje de la apariencia general de los tres tratamientos se redujo, pero T3 obtuvo el mejor valor (muy buena).

El día de elaboración T1 presentó un leve desarrollo de pardeamiento, mientras que éste fue imperceptible en T2 y T3. El grado de pardeamiento aumentó en las tres muestras durante el almacenamiento y T3 fue el que desarrolló menor oscurecimiento. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el atributo apariencia general, lo que indica que el pardeamiento enzimático es el principal

responsable del deterioro de la apariencia general. En un estudio realizado por Seipel et al. (2009), se compararon manzanas Granny Smith, sin tratar y tratadas por inmersión en solución de 1% ÁA + 1% ÁC por 3 min, observándose que el desarrollo de pardeamiento aumentó para todas las muestras durante el almacenamiento, aunque fue significativamente menor para las muestras tratadas químicamente. Estos resultados concuerdan con los reportados por Cocci et al. (2006), en donde rodajas de manzanas fueron sumergidas en una solución de 1% ÁA + 1% ÁC a 25°C, 3 min.

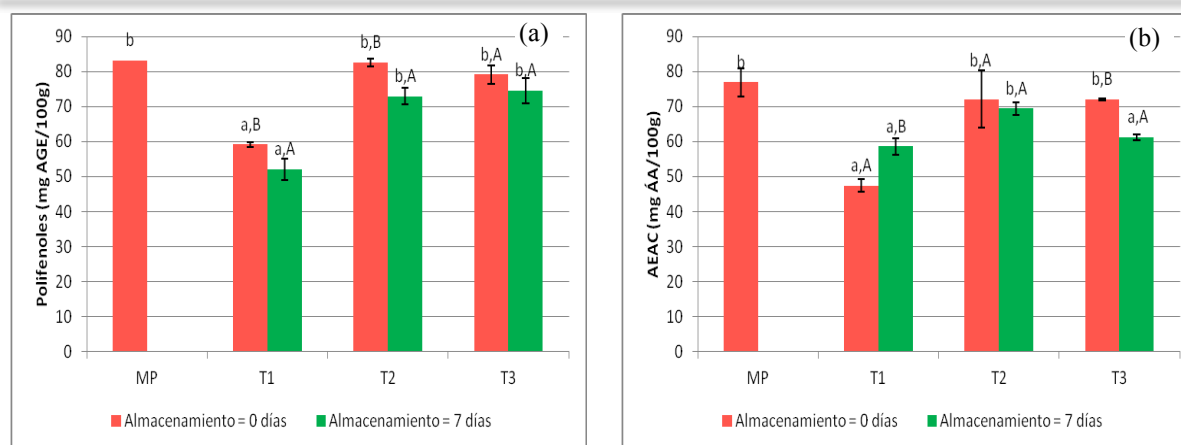


Figura 1. Contenido de polifenoles (a) y Capacidad antioxidante (b).

Las barras indican la desviación estándar. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p \leq 0,5$) entre muestras, para cada tiempo de almacenamiento. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tiempos de almacenamiento, por tratamiento.

Tabla 3. Evaluación sensorial de manzanas frescas cortadas

Atributo	MP	T1		T2		T3	
		0 días	7 días	0 días	7 días	0 días	7 días
Off-odors	0	1	1	1	1	1	1
Apariencia general	5,5	4,4	3	5,5	3,5	5,5	5
Pardeamiento	0	2	3	0,4	2,5	0,2	1,5
Off-flavors	0	0	2	0,4	2	0,7	1,5
Textura	6	5	4,5	5	5	5	5

Off-odors: 1= Imperceptible, 5= Muy intenso. Apariencia general: 1= Mala, 5= Muy buena. Pardeamiento: 1= Imperceptible, 5= Muy intenso. Off-flavors: 1= Imperceptible, 5= Muy intenso. Textura: 1= Blanda, 5= Crujiente.

En los tres tratamientos se detectó un ligero desarrollo de off-flavors al cabo del almacenamiento, siendo T3 el de menor desarrollo.

Al día 0, los tres tratamientos presentaron el mismo puntaje en textura, que fue, a su vez,

levemente inferior al de la MP. Luego de una semana, la textura se mantuvo constante para T2 y T3, mientras que en T1 se produjo una ligera disminución.

CONCLUSIONES

El mínimo procesamiento redujo la firmeza, contenido de sólidos solubles y luminosidad (L^*) de la pulpa de la materia prima, no encontrándose diferencias significativas ($p>0,05$) entre las muestras tratadas con agua (T1), 0,5% ácido ascórbico + 0,5% ácido cítrico + 0,25% cloruro de calcio (T2) y 1,0% ácido ascórbico + 1,0% ácido cítrico + 0,50% cloruro de calcio (T3), en el día de procesamiento.

Los tratamientos T2 y T3 redujeron el pH inicial de las muestras. Las manzanas T3 presentaron menores valores de a^* (componente verde), b^* (componente amarillo) y C^*_{ab} , y mayores de h_{ab} , tanto el día de procesamiento como después de 7 días de almacenamiento refrigerado.

Los tratamientos T2 y T3 mantuvieron el contenido inicial de polifenoles y capacidad antioxidante de la MP.

Los resultados de la evaluación sensorial mostraron que el tratamiento T3 presentó el menor desarrollo de off-odors, pardeamiento y off-flavors, y los mayores valores en textura y apariencia general, tanto el día de procesamiento como luego de 7 días de almacenamiento refrigerado. Por lo tanto, se puede concluir que la aplicación del tratamiento T3 (1,0% ácido cítrico + 1,0% ácido ascórbico + 0,50% cloruro de calcio), resultó efectivo para reducir el deterioro de las manzanas Granny Smith frescas cortadas, manteniendo su calidad durante el almacenamiento refrigerado.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado con fondos de Universidad Nacional del Litoral a través de la programación CAI+D 2009.

REFERENCIAS

- Abbott, J.A., Saftner, R.A., Gross, K.C., Vinyard, B.T., Janick, J. 2004. Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of 'Fuji', 'Golden Delicious' and 'Granny Smith' apples. *Postharvest Biology and Technology*. 33:127-140.
- Alandes, L., Quiles, A., Pérez-Munera, I., Hernando, I. 2009. Improving the Quality of Fresh-Cut Apples, Pears, and Melons Using Natural Additives. *J. Food Sci.* 74:90-96.
- Cocci, E., Rocculi, P., Romani, S., Dalla Rosa, M. 2006. Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 39: 265-271.
- Lim, Y.Y.; Lim. T.T.; Tee. J.J. 2007. Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. *Food Chemistry* 103, 1003-1008.
- Seipel, M., Bernardi, C., Güemes, D. R., Pirovani, M. E., Piagentini, A. M. 2009. Efectos de un tratamiento antioxidante en manzanas Granny Smith frescas cortadas. XII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Singleton, V. L. y Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16:144-158.
- Soliva-Fortuny, R.C., Grigelmo-Miguel, N., Odriozola-Serrano, I., Gorinstein, S., Martín-Belloso, O. 2001. Browning Evaluation of Ready-to-Eat Apples as Affected by Modified Atmosphere Packaging. *J. Agric. Food Chem.* 49:3685-3690.