

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**EFEECTO DEL TROCEADO Y DE LA TEMPERATURA DE  
ALMACENAMIENTO SOBRE LA TASA RESPIRATORIA  
DE MANZANAS “RED DELICIOUS” Y “CRIPPS PINK”  
MÍNIMAMENTE PROCESADAS**

**CHRISTIAN RODRIGO VALENZUELA CARMONA**

**SANTIAGO – CHILE**

**2012**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**EFECTO DEL TROCEADO Y DE LA TEMPERATURA DE  
ALMACENAMIENTO SOBRE LA TASA RESPIRATORIA DE MANZANAS “RED  
DELICIOUS” Y “CRIPPS PINK” MÍNIMAMENTE PROCESADAS**

**CUTTING AND STORAGE TEMPERATURE EFECT ON THE RESPIRATION  
RATE OF MINIMALLY PROCESSED “RED DELICIOUS” AND “CRIPPS PINK”  
APPLES**

**CHRISTIAN RODRIGO VALENZUELA CARMONA**

**SANTIAGO – CHILE**

**2012**

# UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

## EFECTO DEL TROCEADO Y DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO SOBRE LA TASA RESPIRATORIA DE MANZANAS “RED DELICIOUS” Y “CRIPPS PINK” MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Memoria para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Agrónomo

**CHRISTIAN RODRIGO VALENZUELA CARMONA**

<b>PROFESOR GUÍA</b>	<b>Calificaciones</b>
Víctor Hugo Escalona C. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,5
<b>PROFESORES EVALUADORES</b>	
Luis Luchsinger Lagos. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	7,0
Alejandro León S. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,5
<b>COLABORADORES</b>	
Javier Mauricio Obando U. Ingeniero Agrónomo, Dr.	
Alejandra Machuca V. Ingeniero Agrónomo.	

**SANTIAGO, CHILE**

**2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al grupo de trabajo del Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC), al Departamento de Agroindustria y Enología, ambos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y a FONDEF-CONICYT Proyecto nacional D07I1026: Desarrollo de productos frutícolas mínimamente procesados en fresco como estrategia para aumentar el consumo. Bases tecnológicas, por el financiamiento para la elaboración de esta Memoria.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
Hipótesis.....	11
Objetivo general .....	11
Objetivo específico.....	11
MATERIALES Y MÉTODO.....	12
Lugar de estudio.....	12
Materiales.....	12
Metodología.....	13
Caracterización de la fruta.....	13
Mínimo proceso.....	13
Cálculo de la eficiencia o índice de conversión (IC).....	15
Período de análisis.....	15
Determinación de la relación superficie/volumen (S/V).....	15
Escala de evaluación sensorial.....	15
Determinaciones físicas de frutos enteros.....	17
Peso de los frutos enteros.....	17
Diámetro polar y ecuatorial.....	17
Firmeza de la pulpa.....	18
Color de cubrimiento.....	18
Color de piel y pulpa.....	18
Determinación de los cambios de color, firmeza y peso en la fruta MPF.....	18
Firmeza.....	18
Color de pulpa.....	18
Peso.....	18
Determinaciones químicas de fruta entera y MPF.....	21
pH y acidez titulable (AT).....	21
Sólidos solubles totales (SST).....	21
Determinación de la actividad respiratoria de la fruta MPF.....	21
Evaluación sensorial de la fruta MPF .....	22
Diseño experimental y análisis estadístico.....	22

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Manzana Red Delicious MPF.....	23
Relación superficie/volumen (S/V).....	23
Caracterización de la materia prima.....	23
Eficiencia o índice de conversión (IC).....	24
Tasa respiratoria.....	25
Firmeza.....	27
Color.....	29
Luminosidad (L).....	29
Croma (C*).....	31
Tono (H <sub>ab</sub> ).....	31
Determinaciones químicas.....	34
pH.....	34
Acidez titulable (AT).....	35
Sólidos solubles totales (SST).....	36
Evaluación sensorial.....	38
Apariencia.....	38
Pardeamiento.....	40
Textura.....	41
Manzana Cripps Pink MPF.....	43
Caracterización de la materia prima.....	43
Eficiencia o índice de conversión (IC).....	44
Tasa respiratoria.....	45
Firmeza.....	46
Color.....	48
Luminosidad (L).....	48
Croma (C*).....	48
Tono (H <sub>ab</sub> ).....	49
Determinaciones químicas.....	52
pH.....	52
Acidez titulable (AT).....	53
Sólidos solubles totales (SST).....	53
Evaluación sensorial.....	54
Apariencia.....	54
Pardeamiento.....	55
Textura.....	56
CONCLUSIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXO I.....	69
ANEXO II.....	70
ANEXO III.....	71
APÉNDICE I.....	73
AÉNDICE II.....	84

## RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo evaluar el efecto del tipo de troceado (cascos en mitades, mitades y enteras sin piel), y la temperatura de conservación (5 y 8 °C) sobre la tasa respiratoria y vida útil de manzanas (*Malus domestica Borkh*) mínimamente procesadas en fresco (MPF) de las variedades: Red Delicious (RD) (proveniente de Colchagua) y Cripps Pink (CP) (proveniente de Cachapoal). La fruta entera se almacenó previamente a 0 °C y 90% de HR en aire, durante 4 y 6 meses, respectivamente. La línea de flujo del mínimo proceso de la fruta consistió en una selección visual, pesaje, lavado por inmersión en agua a 5 °C y escurrimiento por 5 y 3 min, respectivamente. Seguidamente, los frutos se pelaron, cortaron y descorazonaron manualmente para obtener los diferentes tipos de trozos. Luego, se realizó una segunda inmersión en agua a 5 °C y un escurrimiento por 5 y 3 min, respectivamente. A continuación la fruta MPF se envasó y se almacenó en aire a 5 y 8 °C y 90% de HR, de acuerdo con los tratamientos correspondientes. Para manzana RD MPF, el período de almacenamiento tuvo una duración de 7 días debido al deterioro de su calidad sensorial, mientras que la manzana CP MPF fue de 9 días sin presentar un marcado deterioro de su calidad general.

Durante el almacenamiento se realizaron evaluaciones de tasa respiratoria, firmeza, color, pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, apariencia, pardeamiento y textura.

En general, para cada variedad de manzana MPF el tipo de troceado y la temperatura de conservación a lo largo del almacenamiento tuvieron un efecto significativo sobre la tasa respiratoria, observándose una respiración significativamente mayor en rebanadas en mitades a 8 °C con respecto de los otros tratamientos. Las determinaciones de firmeza, parámetros de color L y H<sub>ab</sub>, apariencia y textura, en general, presentaron una disminución constante en sus valores. Además, en general, para los distintos tratamientos los valores de pH, AT y SST variaron dentro de rangos estrechos a lo largo del período de evaluación. Al final del almacenamiento, de acuerdo con los resultados de los jueces evaluadores en los análisis sensoriales, manzana RD MPF tuvo una apariencia, pardeamiento y textura con puntajes promedios de 5,9; 9,1 y 5,5, respectivamente, todos bajo el límite de comercialización. Por su parte, manzanas CP MPF al término del ensayo, tuvo una apariencia con un puntaje promedio de 6,7 y una intensidad de pardeamiento con puntaje de 8,2, ambos bajo el límite de comercialización, excepto la textura que obtuvo una calificación de 8,4.

Palabras claves: almacenamiento refrigerado, manzana, mínimo proceso, tasa respiratoria, troceado.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of cutting format (half slices, halves and peeled wholes) and storage temperatures (5 and 8 °C) on the respiration rate and shelf-life of minimally processed (MP) apple (*Malus domestica Borkh*): Red Delicious (RD) (from Colchagua) and Cripps Pink (CP) (from Cachapoal) varieties were used. The whole fruits were stored at 0 °C and 90% RH during 4 and 6 months, respectively. The minimal processing consisted on a visual selection, weighing, washing by immersion in water at 5 °C and draining for 5 and 3 min, respectively. Subsequently, the fruits were manually peeled, cut and cored to obtain the different cutting formats. After cutting, an immersion in water at 5 °C for 5 min and draining for 3 min were carried out. Then, the MP apples were packaged and stored in air at 5 and 8 °C and 90% RH, according to the treatments. MP Red Delicious apples had a 7-day storage period due to the deterioration in sensory quality. Whereas MP Cripps Pink apples had an 9-day storage period without a noticeable deterioration in overall quality.

Respiratory rate, firmness, color, pH, titratable acidity and total soluble solids, appearance, browning and texture were performed throughout the shelf-life of fruit.

For each apple variety, both cutting format and storage temperature had a significantly statistical effect on the respiration rate. A significantly greatest respiratory rate from half slices apples at 8 °C in comparison to the other treatments was observed. Firmness, L and H<sub>ab</sub> color parameters, appearance and texture generally showed a steady decline in their values. Moreover, in generally, for the different treatments, pH, TA and TSS values varied within narrow ranges throughout storage period. At the end of storage, according to the results of sensory judges, MP Red Delicious apples had an appearance, browning and texture with average scores of 5.9; 9.1 and 5.5, respectively, all under the marketing limit. Meanwhile, MP Cripps Pink apples at the end of the experiment had an appearance with an average score of 6.7 and a browning intensity with a score of 8.2, both under the marketing limit, except the texture that received a score of 8.4.

Key words: Apple, cold storage, cutting format, minimal process, respiration rate.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, las frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco (MPF) son aceptadas por una mayor cantidad de consumidores debido a su conveniencia, comodidad, frescura y seguridad (Zhang, 2007). Para la industria alimentaria la conservación de los productos MPF representa desafíos únicos ya que estos productos tienen un metabolismo activo (Mchugh y Senesi, 2000) y se deterioran más rápidamente que los productos intactos como resultado directo de las heridas asociadas al procesamiento. Además, la industria de productos MPF se encuentra en constante crecimiento debido principalmente a la preocupación que tienen los consumidores por la salud y su creciente interés del rol de los alimentos para mantener y mejorar la calidad de vida (Gilbert, 2000; Ragaert *et al.*, 2004).

Los productos MPF consisten en frutas y hortalizas e incluso plántulas sin sus partes no comestibles, preparadas y manipuladas mediante operaciones simples como el lavado, cortado, rayado, picado, rebanado, entre otras, las cuales ocasionan cambios físico-químicos y fisiológicos que incrementan la perecibilidad de estos productos y afectan su calidad (Saltveit, 1997). Además, los productos MPF reciben una higienización y ocasionalmente un tratamiento con preservantes antes de ser envasados en plástico para su distribución y comercialización bajo refrigeración.

Los productos MPF que permanecen vivos y listos para su consumo inmediato con características casi idénticas al estado fresco y entero del cual proceden (López y Moreno, 1994; Artés, 2000) tienen una fisiología que es esencialmente la de un tejido dañado, lo que se traduce en un aumento de la respiración (emisión de CO<sub>2</sub>, consumo de O<sub>2</sub>, producción de calor, respiración anaerobia), emisión de etileno, oxidaciones lipídicas e inducción de síntesis de sustancias cicatrizantes (lignina y suberina). Además, las diferentes operaciones de troceado favorecen la contaminación microbiana, la deshidratación (Varoquaux y Wiley, 1994; Brecht, 1995; Yildiz, 1997; Mchugh y Senesi, 2000), acelera la maduración y senescencia (Mencarelli y Saltveit, 1988) e induce la biosíntesis de enzimas asociadas con un aumento de la velocidad de otras reacciones bioquímicas responsables del cambio de color (pardeamiento enzimático), sabor (azúcares, ácidos), aroma, textura y valor nutritivo (vitaminas) (Ahvenainen, 1996; Pittia *et al.*, 1999; Cantwell y Suslow, 2002), enfatizándose en este sentido que los mayores fenómenos que limitan la vida útil específicamente de manzanas MPF son el excesivo ablandamiento de los tejidos y el pardeamiento en superficies cortadas (Varoquaux y Wiley, 1994).

Otros factores que influyen en la vida útil de los productos MPF son la variedad, el estado de madurez al momento del procesamiento, las condiciones de procesamiento, el almacenamiento y la atmósfera de almacenamiento (Gorny *et al.*, 1998, 2000).

El corte y el pelado constituyen etapas críticas durante el mínimo proceso las cuales tienen una influencia determinante en la calidad del producto final y, por tanto, deben llevarse a cabo ocasionando el mínimo daño posible al tejido (Rojas, 2006). Bolin *et al.* (1977) afirman que el uso de cuchillos afilados minimiza el daño celular y, por tanto, se reduce los fluidos celulares y líquido superficial que sirven de reservorio a la población microbiana inicial y, junto con las bajas temperaturas contribuye a extender la vida útil de productos MPF.

En general, la tasa respiratoria y emisión de etileno de las frutas y hortalizas aumenta en proporción a la extensión del daño y división del producto entero (Artés-Hernández *et al.*, 2007). En productos MPF, se ha observado que el menor tamaño conduce a una mayor tasa respiratoria y de producción de etileno, por lo que el tipo de corte también desempeña un papel significativo en la respuesta que tienen las heridas en diversas frutas, puesto que puede afectar los mismos parámetros antes señalados en fruta MPF (Soliva y Martín, 2003), por lo que el control de heridas es el obstáculo principal que se debe superar para extender la vida útil de frutas MPF (Rocha y Morais, 2003).

Tradicionalmente, la senescencia y el deterioro de los productos MPF se retrasan por el empleo de almacenamiento en cámaras frigoríficas y atmósferas modificadas con el fin de disminuir la actividad metabólica y mantener su estado fresco (Sánchez, 2008).

El control de la temperatura es un factor clave para preservar la calidad de los productos MPF y prolongar su vida útil, por lo que debe mantenerse durante su elaboración, distribución y comercialización (Rojas, 2006; Zhang, 2007). En la elaboración debe asegurarse una temperatura entre 4 y 6 °C (Willocox, 1995). Zagory y Hurst (1996) recomiendan que la temperatura para su distribución y comercialización oscile entre 0 y 1 °C, mientras que en la conservación deben emplearse temperaturas entre 2 y 4 °C para garantizar una vida útil entre 7 y 10 días (Gorris y Peppelenbos, 1992), rangos de temperatura que van de acuerdo al tipo de producto MPF y su condición. Si no se mantiene esta cadena de frío se generan concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en el interior del envase que son tóxicas para el producto MPF provocando sensorialmente sabores extraños y daños externos como pardeamiento y textura rugosa. En cambio, el daño interno puede producir una necrosis del tejido. (Exama *et al.*, 1993; Reid y Serek, 1999; Brecht *et al.*, 2003; Zoffoli y Gaudlitz, 2004).

La extensión de la vida útil de manzanas MPF se ha logrado a través de la investigación de diferentes métodos y técnicas como el uso de recubrimientos comestibles, productos naturales y sus derivados. Además, se ha utilizado e investigado la inhibición del pardeamiento enzimático mediante agentes físicos y químicos; se ha utilizado el efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) en la calidad de manzanas MPF durante el almacenamiento y comercialización; se ha estudiado las condiciones de parámetros físico-químicos, microbiológicos y sensoriales en manzanas MPF envasadas en atmósfera modificada entre otras técnicas para mejorar su calidad y vida útil a través del tiempo (Lozano *et al.*, 1993; Buta *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2003; Perera *et al.*, 2003; Rocculi *et al.*, 2004).

Por lo anteriormente expuesto y teniendo en consideración la información disponible en este ámbito, la presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de los tipos de troceados y temperaturas de almacenamiento sobre la actividad respiratoria de manzanas MPF.

### **Hipótesis**

Un mayor grado de troceado y temperatura de conservación aumentan la tasa respiratoria de manzanas MPF.

### **Objetivo general**

- Evaluar la influencia de la tasa respiratoria en diferentes grados de troceado y temperaturas de almacenamiento en la conservación de manzanas RD y CP MPF.

### **Objetivo específico**

- Evaluar la tasa respiratoria de manzanas MPF almacenadas a dos temperaturas y con tres tipos de troceados.
- Establecer el tiempo de vida útil de almacenaje de dos variedades de manzana MPF basándose en parámetros químicos, físicos y sensoriales bajo condiciones de aire.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Lugar de estudio**

Los ensayos se realizaron en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y en los laboratorios de Evaluación de calidad de la fruta del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile durante el mes de julio del 2009 para la variedad Red Delicious (RD) y a fines del mes de septiembre y comienzos de octubre del mismo año para la variedad Cripps Pink (CP).

### **Materiales**

Se utilizaron manzanas (*Malus domestica Borkh*) de la variedad Red Delicious (RD) y Cripps Pink (CP) procedentes de un huerto comercial ubicado en las provincias de Colchagua (comuna de Chimbarongo) y Cachapoal (comuna de Rancagua), VI región, respectivamente. La primera variedad se cosechó desde el 26 de febrero al 13 de marzo y la segunda variedad desde el 2 al 13 de marzo del 2009. Estas manzanas fueron transportadas al laboratorio del CEPOC, donde se almacenaron a 0 °C y 90% de HR durante 4 y 6 meses, respectivamente.

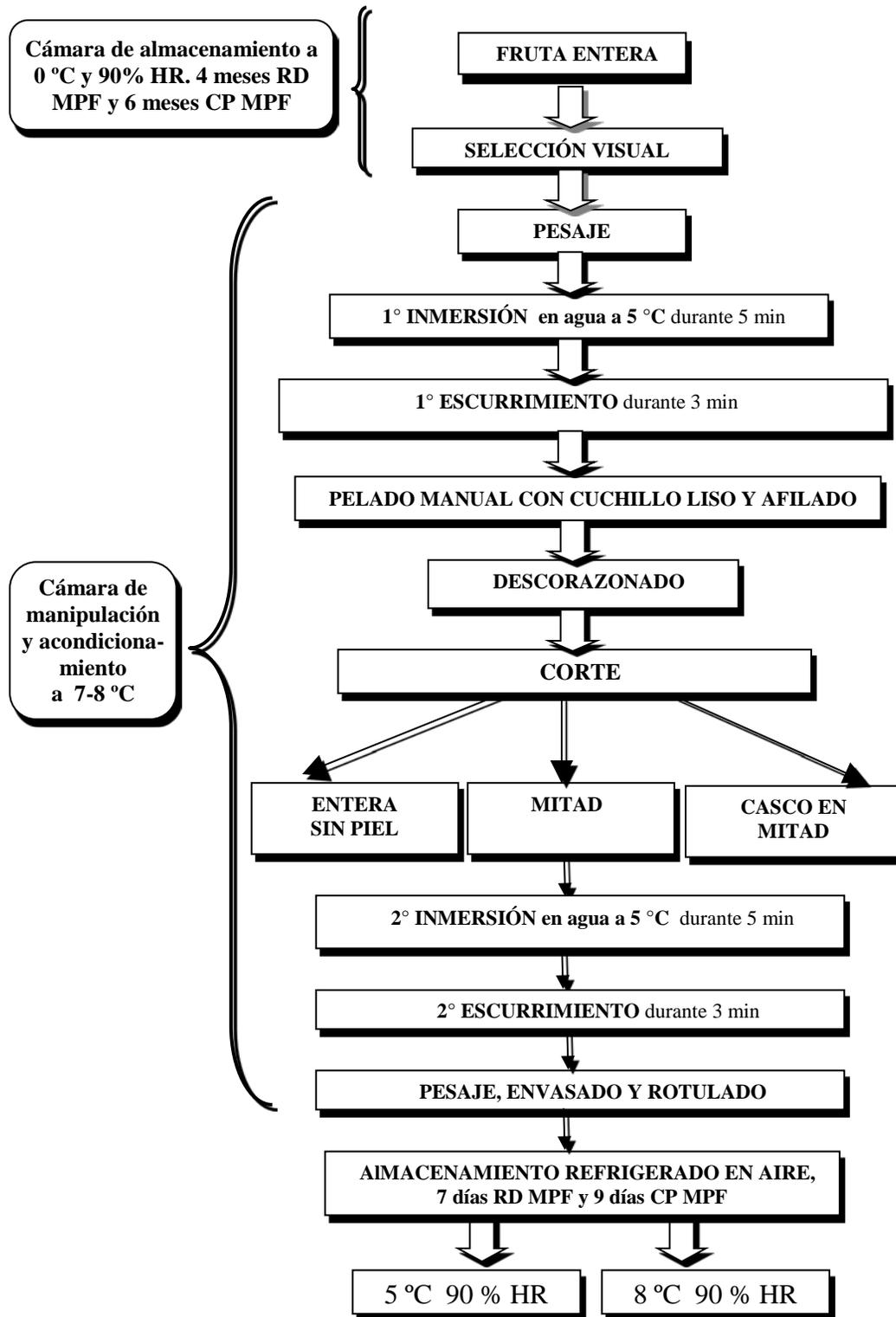
## Metodología

### Caracterización de la fruta

Un día antes del procesamiento se realizó una caracterización inicial de la fruta entera de acuerdo con la metodología propuesta por Oms-Oliu *et al.* (2007) con algunas modificaciones; para ello se eligió al azar una muestra de 25 frutos a través de una inspección visual para obtener frutos uniformes en cuanto a color de piel y tamaño, descartando aquellos frutos con daños físicos y podredumbre. Procedimiento que permitió tener frutos representativos para los análisis. Primero se realizaron determinaciones de parámetros físicos (análisis no destructivos) tales como: peso, diámetro polar y ecuatorial, color de piel, color de cubrimiento, firmeza de la pulpa y color y pulpa, y finalmente determinaciones químicas (análisis destructivos) tales como: pH, acidez titulable (AT) y sólidos solubles totales (SST).

### Mínimo proceso

El día previo al procesamiento la fruta estuvo almacenada a 0 °C y 95% de HR. Al inicio del procesamiento de la fruta, en la cámara de almacenamiento se realizó una selección visual con el objetivo de descartar frutos con daños físicos y podredumbre. Desde esta cámara, la fruta se trasladó a la sala de manipulación y acondicionamiento que fue previamente sanitizada con solución de agua potable con 100 mg L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sodio al igual que los utensilios utilizados (implementos para cortar y pelar, tablas para cortar, etc). Esta sala tuvo una temperatura de trabajo de 7-8 °C. Además, cada operador estuvo provisto de un delantal blanco, cofia, mascarilla y guantes de acuerdo a lo propuesto por Cocci *et al.* (2006). En la cámara de procesamiento se pesó la fruta entera para tener el peso inicial por tratamiento. A continuación se realizó una inmersión de la fruta entera en agua potable a 5 °C durante 5 min con el objetivo de eliminar cualquier material extraño sobre ellas y mantener una temperatura baja de la fruta durante el proceso. Luego, la fruta entera se colocó en mallas de acero inoxidable para eliminar o escurrir el exceso de agua durante 3 min. A continuación se procedió al pelado manual con cuchillos de filo liso y afilado. Seguidamente, toda la fruta se descorazonó manualmente con un sacabocados metálico y se troceó de acuerdo a los tratamientos. Con estas operaciones se obtuvo el primer tipo de troceado: Manzanas enteras sin piel; el segundo tipo de troceado: manzanas en mitades se obtuvo mediante un pelado, descorazonado y un corte en la zona polar media. Para el caso particular de los cascos en mitades estos se obtuvieron mediante un cortador manual de cascos y los trozos resultantes se cortaron en su zona media. Los diferentes tipos de trozos se sumergieron en agua a 5 °C por 5 min y luego la fruta MPF se colocó en mallas de acero inoxidable durante 3 min para eliminar el exceso de agua y líquido celular. Posteriormente, 130 a 180 g aproximadamente de fruta troceada se envasó en recipientes de polietileno rígido y de vidrio de peso y volúmenes conocidos y se conservaron en cámaras de almacenamiento en aire a 5 y 8 °C. Finalmente, se pesó el residuo de fruta que quedó tras el procesamiento de cada tratamiento correspondiente (Figura 1).



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la elaboración de manzanas MPF.

### **Cálculo de la eficiencia o índice de conversión (IC)**

Se calculó la eficiencia o índice de conversión (IC) de la porción comestible de la fruta para cada tratamiento por diferencia de pesos entre la fruta entera y el residuo tras el mínimo procesamiento. Este índice se expresó en porcentaje. Para determinar el índice de conversión se usó la siguiente expresión:  $IC (\%) = \frac{(PFT-PRT)}{PFT} \times 100$ ,

donde:

PFT= Peso fruta entera por tratamiento (g)

PRT= Peso residuo por tratamiento (g)

### **Período de análisis**

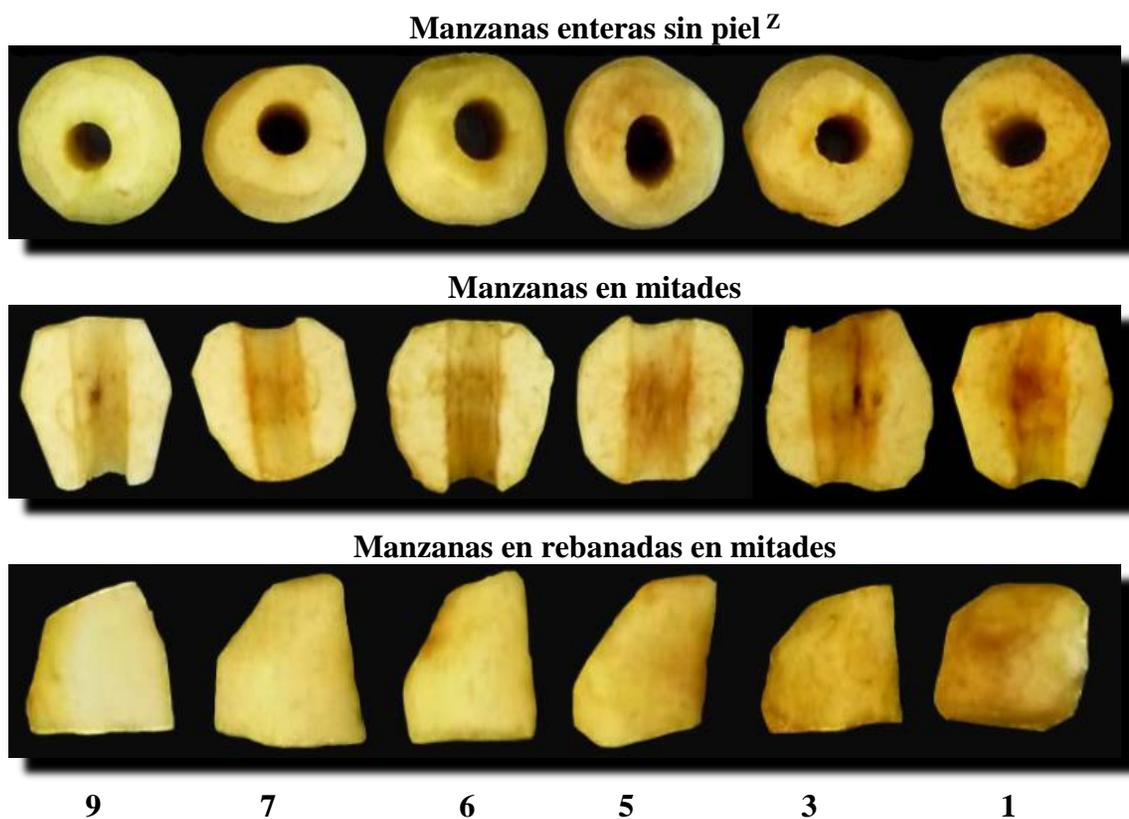
La evaluación de los distintos parámetros físicos y químicos de las manzanas RD se realizó a los 1, 4 y 6 días de conservación a 5 y 8 °C. Sin embargo, los recipientes de plásticos para el análisis de la evolución del color (L, C\* y Hab) de los distintos tratamientos se consideró un día más de evaluación (día 7). Por otra parte, los parámetros físicos y químicos de las manzanas CP se evaluaron los días 1, 3, 6 y 8. Por último, se analizó la tasa respiratoria a 5 y 8 °C de manzanas RD MPF durante 6 días seguidos (días 0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6) y 9 días de evaluación no correlativos (días 0, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) para manzana CP MPF.

### **Determinación de la relación superficie/volumen (S/V)**

Se determinó la relación S/V de cinco trozos de cada tipo para complementar la información sobre sus dimensiones. El volumen se determinó aplicando el principio de Arquímedes, mientras que la superficie de las manzanas enteras sin piel y mitades se calculó matemáticamente, considerándolas como una esfera y semi-esfera, respectivamente. La superficie de las rebanadas o cascos en mitades se calculó mediante la delineación del contorno de cada lado sobre papel milimetrado para obtener el área correspondiente.

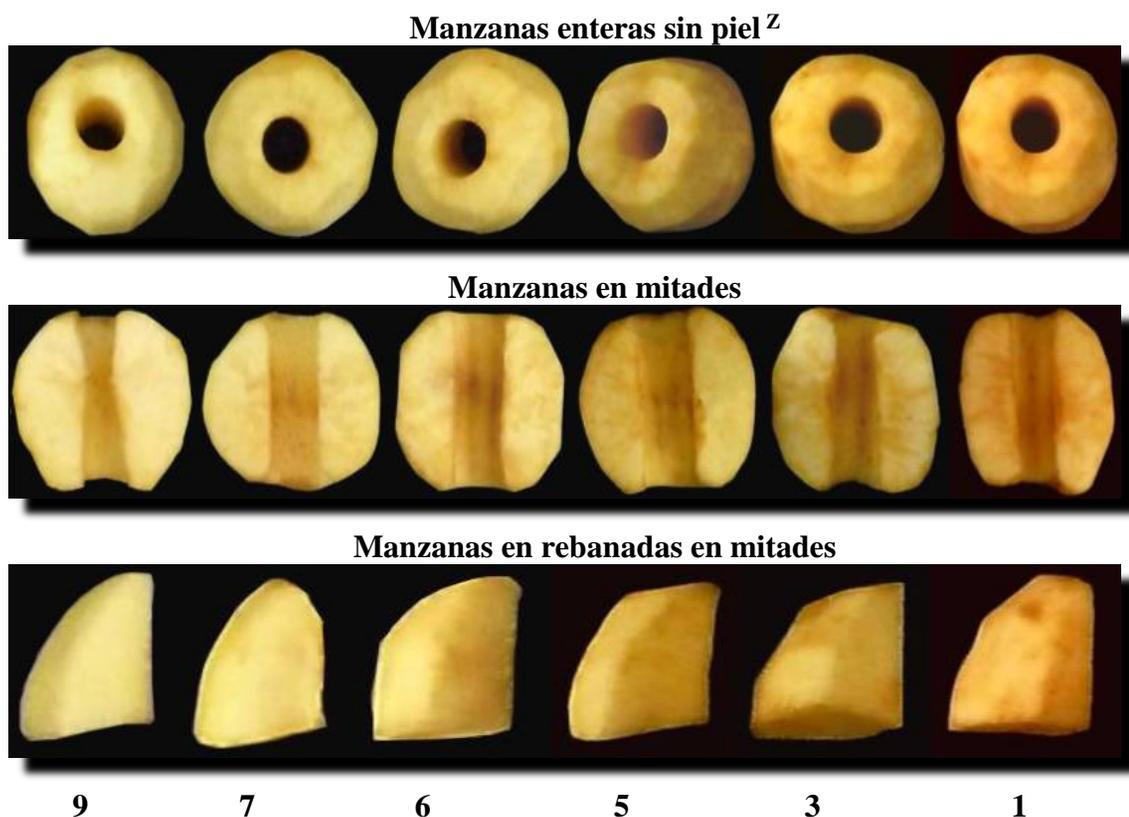
### **Escala de evaluación de sensorial**

Previo al procesamiento, se realizó una escala de apariencia para ambas variedades de manzanas para visualizar el deterioro y su intensidad en el tiempo (Figuras 2 y 3).



**Figura 2.** Escala de apariencia de los distintos tipos de trozos de manzana Red Delicious.

<sup>Z</sup> Valores descriptivos para la escala de color, donde 1 = defectos severos; 3 = defectos graves que no permiten su comercialidad; 5 = límite de comercialización; 6 = defectos leves que podrían afectar su comercialidad; 7 = defectos leves que no afectan su comercialidad; 9 = recién cortada, ausencia de defectos.



**Figura 3.** Escala de apariencia de los distintos tipos de trozos de manzana Cripps Pink.

<sup>Z</sup> Valores descriptivos para la escala de color, donde 1 = defectos severos; 3 = Defectos graves que no permiten su comercialidad; 5 = límite de comercialización; 6 = defectos leves que podrían afectar su comercialidad; 7 = defectos leves que no afectan su comercialidad; 9 = recién cortada, ausencia de defectos.

### Determinaciones físicas de frutos enteros

**Peso de los frutos enteros:** se determinó mediante una balanza electrónica de precisión 0,1 g (Jadever, JWE-30k, Taiwán). Los resultados se expresaron en gramos.

**Diámetro polar y ecuatorial:** se realizó con un pie de metro (Bull Tools, 0-150 mm Digital Caliper, China), en las zonas polar y ecuatorial de los frutos enteros. Los resultados fueron expresados en mm.

**Firmeza de la pulpa:** se midió con un penetrómetro manual (Effegi, FT 327, Italia). Para la caracterización de los frutos enteros las mediciones de firmeza se realizaron en la zona ecuatorial de ambas caras de la fruta previa remoción de la piel a una profundidad de 6,85 mm con un émbolo de 7,9 mm de diámetro. Los resultados fueron expresados en kg-f.

**Color de cubrimiento:** para determinar el porcentaje del color de cubrimiento de cada manzana, el área superficial de cada fruto se dividió en dos y en cada mitad se calculó visualmente el porcentaje de color de cubrimiento, expresado como el promedio del porcentaje de cubrimiento de cada mitad.

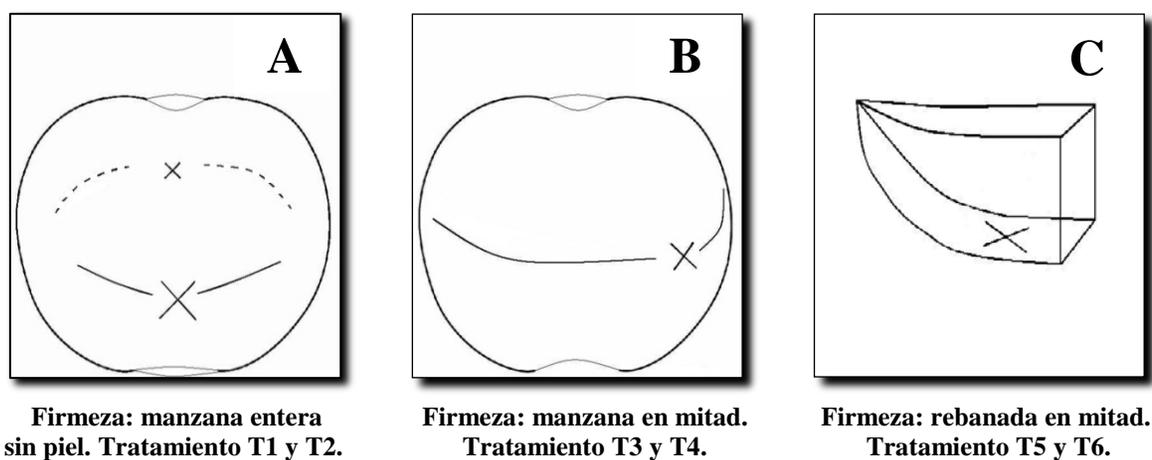
**Color de piel y pulpa:** se realizó con un colorímetro portátil tri-estímulo (Minolta, CR-200b (manzana RD) y CR-400/410, Japón (manzana CP)), los equipos fueron previamente calibrados con un estándar blanco, utilizando el sistema CIE Lab. Los resultados se expresaron en luminosidad (L), croma ( $C^*$ ) y tono ( $H_{ab}$ ), los cuales se calcularon a partir de las siguientes fórmulas:  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  y  $H_{ab} = \arctan (b^*/a^*)$  (McGuire, 1992; Voss, 1992). Para la caracterización de los 25 frutos enteros se midió el color de piel en la zona ecuatorial de ambas caras y para el análisis del color de la pulpa se removió la piel en dicha zona.

### **Determinación de los cambios de color, firmeza y peso en la fruta MPF**

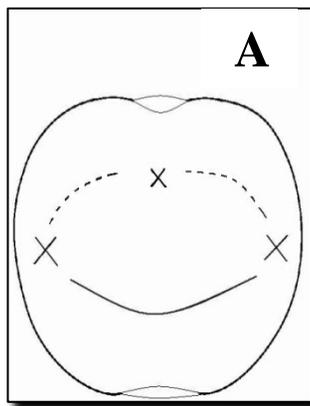
**Firmeza:** se evaluó utilizando un penetrómetro mecánico (University of California Firmness Tester, Western Industrial Supply Co., San Francisco, California, EE.UU.) provisto de un émbolo de 7,9 mm de diámetro. Se realizaron 2 mediciones por manzana entera sin piel, en la zona ecuatorial de ambas caras (fig. 4A). Con respecto a las manzanas en mitades, a cada una de éstas la firmeza se midió en la cara donde se realizó el pelado (fig. 4B), y los rebanadas en mitades se midió la firmeza a 4 de éstos en un punto lateral (fig. 4C).

**Color de pulpa:** se realizó de acuerdo con la metodología descrita anteriormente para el color de piel y pulpa del fruto entero. En las manzanas enteras sin piel el color se midió en 3 puntos alrededor de la zona ecuatorial (Figura 5A), mientras que en las manzanas en mitades, el color se midió en ambos lados de cada mitad (Figura 5B) y con respecto de las rebanadas en mitades, el color se midió a 4 de éstos en sus lados opuestos (Figura 5C).

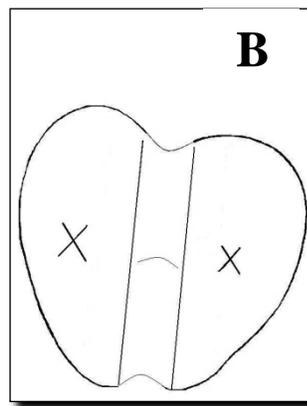
**Peso:** las manzanas MPF se pesaron diariamente en una balanza electrónica con una precisión de 0,01 g (Precisa. BJ-610C, Suiza). El peso diario obtenido en gramos se utilizó para calcular la tasa respiratoria de los distintos tratamientos del ensayo.



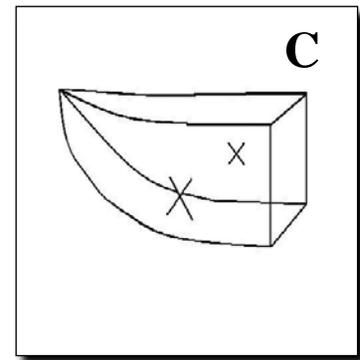
**Figura 4.** Representación gráfica de los puntos (X) donde se analizó la firmeza de los diferentes tipos de troceado en que se trocearon las manzanas. A: manzana entera sin piel, B: manzana en mitad, C: casco en mitad.



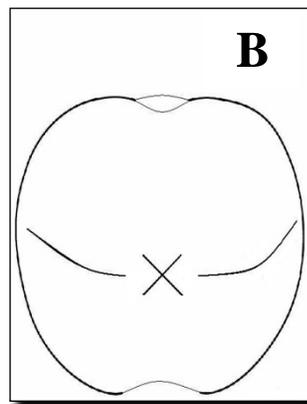
**A**  
Color: manzana entera  
sin piel. Tratamiento T1 y T2.



**B**  
Color: manzana en mitad.  
Tratamiento T3 y T4.



**C**  
Color: casco en mitad.  
Tratamiento T5 Y T6.



**B**  
Color: manzana en mitad.  
Tratamiento T3 y T4.

**Figura 5.** Representación gráfica de los puntos (X) donde se analizó el color de los diferentes tipos de corte en que se trocearon las manzanas. A: manzana entera sin piel, B: manzana en mitad, C: casco en mitad.

### **Determinaciones químicas de fruta entera y MPF**

Estas determinaciones se realizaron de acuerdo a la metodología propuesta por el AOAC (1990). Para el caso de la fruta entera estos análisis se realizaron a partir de un jugo obtenido de las muestras utilizadas en la medición de color. Para la fruta MPF, el jugo se obtuvo de la fruta contenida en los recipientes plásticos de cada tratamiento para lo cual se utilizó un extractor eléctrico (Black & Decker, JE-1500, EE.UU.). Posteriormente, el jugo se filtró con un colador de acero inoxidable y se almacenó en recipientes plásticos en un congelador (Fensa, V 12, Chile) a -20 °C hasta su análisis.

**pH y acidez titulable (AT):** el pH se determinó con un potenciómetro (Hanna Instruments, pH21, EE.UU.) y la AT se midió mediante la titulación de 10 mL de jugo de fruta con NaOH 0,1 N hasta la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2-8,3 a través de una bureta con pantalla digital (Jencons digitrate, UK). Los resultados de la AT se expresaron como porcentaje de ácido málico.

**Sólidos solubles totales (SST):** El contenido de SST se determinó con un refractómetro manual (Atago, ATC-1E, Japón) con compensación automática de temperatura. Los resultados se expresaron en porcentaje.

### **Determinación de la actividad respiratoria de la fruta MPF**

Para determinar la actividad respiratoria diaria de ambas variedades de manzanas se utilizó un sistema estático a 5 y 8 °C en aire (Kader *et al.*, 1989). Para ello se colocaron trozos de manzanas con peso conocido en recipientes herméticos de vidrio de 930 mL, y provistos de una septa de goma en su tapa a través de la cual se tomaron muestras gaseosas del espacio de cabeza con una jeringa plástica de 10 mL (Nitro, Argentina) tras 1 hora de cierre del frasco. Posteriormente, la muestra gaseosa se inyectó en un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard, 5890 serie II, EE.UU.). Para la calibración del cromatógrafo de gases, se utilizó un estándar (Indura, Chile) de CO<sub>2</sub> de 4,7% durante el ensayo de manzanas RD MPF y un estándar de 10% de CO<sub>2</sub> durante el ensayo de manzanas CP MPF. Los resultados se expresaron en mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> (Kader, 2002).

## Evaluación sensorial de la fruta MPF

Se utilizó el método de análisis descriptivo-cuantitativo aplicado a un panel de 12 jueces entrenados, usando una pauta no estructurada de 0 a 15 cm (Anexo I) para evaluar el aspecto visual (apariencia y pardeamiento) y gustativo (textura) (Espinosa, 2007). Estos análisis se realizaron en los laboratorios de Evaluación Sensorial del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. A cada juez se le presentaron 2 bandejas para evaluación. La primera de ellas tuvo seis pocillos con una muestra de cada uno de los tratamientos para evaluar textura. En la segunda bandeja se presentó un recipiente plástico de cada tratamiento (6 en total) para evaluar apariencia y pardeamiento. Cada pocillo y recipiente de plástico fue rotulado con un código aleatorio, asignado por el programa computacional FIZZ (Biosystemes, Francia, 2002).

### Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial  $3 \times 2$ , donde el primer factor corresponde al nivel de troceado y el segundo factor a la temperatura de conservación. De esta forma, en el experimento se obtuvieron 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno independientes para cada variedad de manzana (Cuadro 1). Para el análisis estadístico de las evaluaciones sensoriales, los datos obtenidos de cada juez correspondieron a una repetición. La unidad experimental fue un recipiente plástico o de vidrio con aproximadamente 130 a 180 g aproximado de fruta MPF.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis factorial con un nivel de significancia de 5%. Cuando existió interacción entre los factores, se realizó un ANDEVA entre tratamientos. Cuando existieron diferencias significativas las medias se sometieron a la prueba de rango múltiple Tukey con un nivel de significancia de 5%. Todos los resultados de las determinaciones se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab® 15.1.20.0. (Minitab Inc., 2007) y JPM® 8,0 (SAS Institute Inc., 2008).

**Cuadro 1.** Detalle de los tratamientos para dos variedades de manzana MPF en tres tipos de troceado y conservadas en 2 temperaturas de almacenamiento.

Tratamiento	Temperatura de almacenamiento (°C)	Tipo de troceado
T1	5	Enteras sin piel
T2	8	Enteras sin piel
T3	5	Mitades
T4	8	Mitades
T5	5	Cascos en Mitades
T6	8	Cascos en Mitades

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Manzana Red Delicious MPF

#### Relación superficie/volumen (S/V)

La relación S/V de los tipos de troceado de mayor tamaño, manzanas enteras sin piel y manzanas en mitades fue menor. Contrariamente, los cascos en mitades de menor tamaño presentaron la mayor relación S/V. (Cuadro 2). La relación S/V de una fruta MPF es un factor importante que incide entre otros parámetros como la pérdida de peso, firmeza y tasa respiratoria (Paull, 1999).

**Cuadro 2.** Superficie, volumen y relación S/V de los diferentes tipos de troceado de manzana MPF.

Tipo de trozado	Superficie (cm <sup>2</sup> ) <sup>Z</sup>	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Relación S/V (cm <sup>-1</sup> )
Entera sin piel	164,3±0,7	198,0±1,2	0,8
Mitad	73,5±2,4	84,0±4,0	0,9
Cascos en Mitad	35,3±2,5	10,7±0,5	3,3

Z: Valores expresados como media (n=5) ± error estándar.

#### Caracterización de la materia prima

Los resultados obtenidos cuantifican que el color de la pulpa de la fruta entera presentó un tono ( $H_{ab}$ ) de 101,3; una luminosidad (L) de 77,0 y un croma ( $C^*$ ) de 28,1. Según el diccionario Akal del Color (Sanz y Gallego, 2001) (Anexo III) el tono podría clasificarse como un color “verde/amarillo”, y de acuerdo a los términos descriptivos de la variación de  $C^*$  y L (Fort, 1996) (Anexo II) el color “verde/amarillo” de la pulpa tendría una sensación visual calificada de “clara”. Por otro lado, la fruta entera tuvo un contenido de SST de 13,6%, el cual puede ser considerado alto de acuerdo con Llácer (2008) (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Caracterización física y química de los frutos enteros de manzana Red Delicious almacenados a 0 °C.

<b>Parámetro</b>	<b>Promedio<sup>Z</sup></b>
Peso (g)	149,7±1,2
Firmeza (kg-f)	2,7±0,0
Diámetro polar (mm)	64,1±0,6
Diámetro ecuatorial (mm)	66,8±0,4
Color de cubrimiento (%)	71,0±2,8
<b>Color piel</b>	
L	36,8±0,5
C*	31,6±0,4
H <sub>ab</sub>	33,9±0,8
<b>Color de pulpa</b>	
L	77,0±0,6
C*	28,1±0,6
H <sub>ab</sub>	101,3±0,5
<b>Determinaciones químicas</b>	
pH	4,4±0,0
Acidez titulable (% ác, Málico)	0,2±0,0
Sólidos solubles totales (%)	13,6±0,4

<sup>Z</sup>: Valores expresados como media (n = 25) ± error estándar.

### **Eficiencia o índice de conversión (IC)**

Los tratamientos de las manzanas enteras sin piel presentaron un índice de conversión promedio de 70,8%, mientras que el de las manzanas en mitades y cascotes en mitades fue de 67,4% y 59,8%, respectivamente (Cuadro 4).

El mayor coeficiente de conversión de las manzanas enteras se produjo por la menor cantidad de operaciones involucradas en su elaboración (pelado y descorazonado), lo que a su vez generó una menor cantidad de residuos, y todo lo contrario en rebanadas en mitades por su mayor número de operaciones y la consecuente mayor pérdida de pulpa y mayor porcentaje de residuo. Un estudio realizado por Aguayo (2003) en 4 variedades de melón (Galia, Cantalupe, Amarillo y Piel de Sapo conservados a 5 y 0 °C por 9 días) obtuvo una eficiencia de conversión mayor en tajadas por ser piezas con menor daño celular para su obtención, siendo éstas con una pulpa cercana al 100% de eficiencia. Otro formato en este estudio, los trapezoides, obtuvieron un rendimiento sutilmente menor en un 3,4%; y los melones en cilindros fue el tipo de troceado con la menor eficiencia de conversión por la dificultad de obtener un cilindro de forma homogénea y compacta (mayor daño celular por el tipo y número de operaciones).

**Cuadro 4.** Índice de conversión para los distintos tipos de troceados de manzana Red Delicious.

Tratamiento	Peso de manzanas por tratamiento (kg)	Peso residuos (kg)	IC (%)
Manzanas enteras sin piel a 5 °C	6,9	2,2	68,1
Manzanas enteras sin piel a 8 °C	7,9	2,1	73,4
Manzanas en mitades a 5 °C	6,8	2,1	69,1
Manzanas en mitades a 8 °C	7,3	2,5	65,8
Manzanas en cascós en mitades 5 °C	6,7	2,4	64,2
Manzanas en cascós en mitades 8 °C	6,5	2,9	55,4

### Tasa respiratoria

El tipo de troceado y la temperatura de conservación tuvieron un efecto significativo sobre la tasa respiratoria de RD MPF (Apéndice I, Cuadro 1). La producción de CO<sub>2</sub> de las RD MPF conservadas a 8 °C fue 1,6 veces mayor que las conservadas a 5 °C, y para los diferentes tipos de troceado las manzanas enteras sin piel y manzanas en mitades, ambas tuvieron una tasa respiratoria similar (15,4; 16,3 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, respectivamente) y significativamente menor que la de cascós en mitades (25,9 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) en cada día de evaluación.

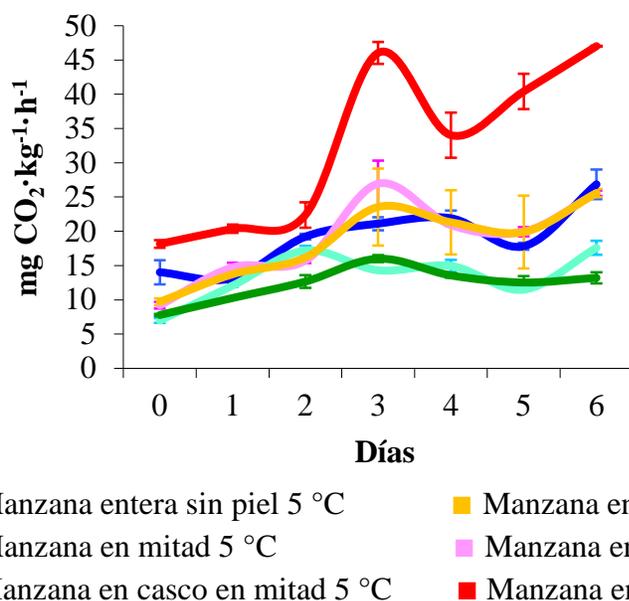
Las manzanas en cascós en mitades conservadas a 8 °C sufrieron el mayor estrés (Figura 6), caracterizado por una producción mayor de CO<sub>2</sub> (32,6 mg CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) en comparación con los otros tratamientos. Aludiendo al tipo de troceado, en limones variedad Lisboa MPF en cuatro formatos de cortes (rodajas, rebanadas, rebanadas en mitad y rebanadas en cuarto) y almacenados 8 días a 0, 2, 5 y 10 °C, la tasa respiratoria aumentó en proporción a la extensión del daño y división del producto entero, siendo mayor en rebanadas en mitad y rebanadas en cuartos (Artés-Hernández *et al.*, 2007). En este mismo sentido, Chu y Wang (2001) reportaron que la tasa respiratoria de cubos de calabacín y nabo fue mayor en comparación con el fruto entero y que aquellos cortados en rodajas o en cuartos almacenados a 2 °C durante 5 días.

Aguayo *et al.* (2004), demostraron que la tasa respiratoria en tomates MPF Calibra Larga duración cortados en rodajas y gajos almacenados a 5 y 0 °C en atmósfera modificada pasiva y activa durante 14 días, fue significativamente afectada por el tipo de corte y la temperatura de almacenamiento. Sin embargo, Aquino *et al.* (2000) observaron que en jícama cortada en cilindros, discos y tiras, almacenada a 5 y 10 °C en aire durante 8 días, el tipo de corte y el tamaño no afectó en gran medida la tasa respiratoria. En el presente estudio, la temperatura de almacenamiento, en general, tuvo un efecto significativo en la tasa respiratoria, ya que a 5 °C los 3 tipos de troceado presentaron una tasa menos intensa en comparación con aquellos a 8 °C (Figura 6), los cuales desde el día cero presentaron un

aumento progresivo de la tasa respiratoria hasta el día 3 (58,9% en manzanas enteras sin piel, 65,8% en manzanas en mitades y un 60,4% en manzanas en cascotes en mitades). Este comportamiento se debería a que a más bajas temperaturas se reduce el estrés de corte y a su vez se minimizan las diferencias en respiración y emisión de etileno entre el producto cortado y el entero del cual procede (Watada *et al.*, 1990; Madrid y Cantwell, 1993; Luna *et al.*, 1999; Cantwell y Suslow, 2002), lo que evidencia la importancia de la temperatura para un producto MPF para prolongar la vida útil y mantener una adecuada calidad (Kader, 1989; Artés, 2000a; Cantwell y Suslow, 2002; Jacxsens *et al.*, 2002).

Después de la primera alza respiratoria (día 3), la subsecuente disminución en la tasa respiratoria probablemente se debió a la autorregulación de la actividad respiratoria del tejido causado por una alta producción de ATP (Purvis, 1997). Además, dicha reducción en la tasa respiratoria puede deberse a que los sustratos de la respiración (glúcidos, lípidos, ácidos orgánicos y proteínas) no sigan reaccionando con las enzimas de las células presentes en la superficie cortada (Saavedra *et al.*, 2006).

Además, a ambas temperaturas de almacenamiento entre los distintos tipos de troceado (excepto manzanas enteras sin piel a 5 °C) durante el sexto día de evaluación se observó un nuevo incremento de la tasa respiratoria, el cual se produjo posiblemente por un incipiente crecimiento microbiano y un deterioro general del tejido de la fruta MPF. Según Cacace *et al.* (2002) y Marrero y Kader (2001), el final de la vida útil de un producto procesado está marcado por un agudo incremento en la respiración seguido de un aumento en la producción de etileno ocasionado por el crecimiento microbiano.



**Figura 6.** Tasa respiratoria de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=3) ± ES.

## Firmeza

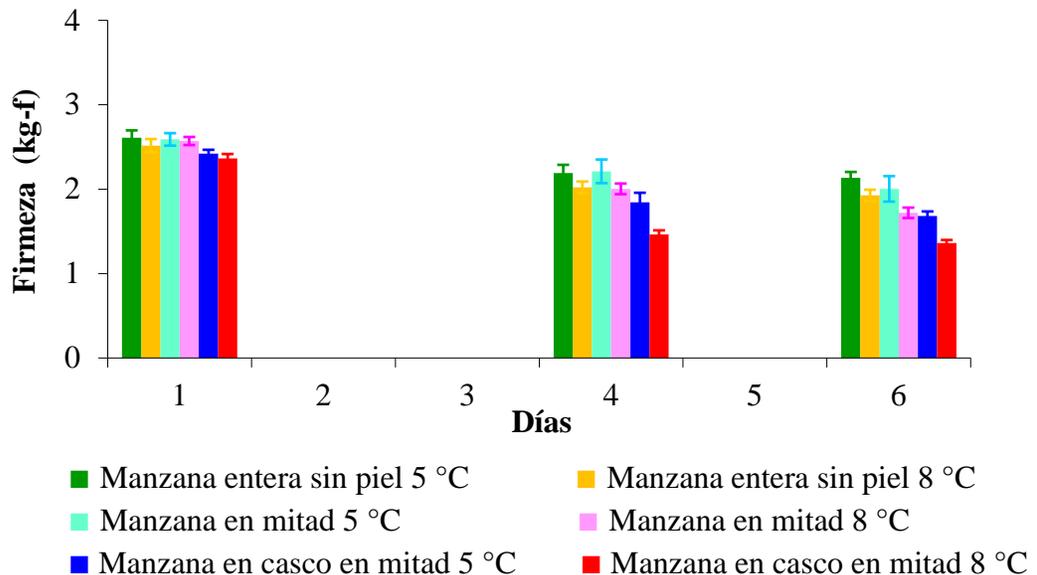
La firmeza fue afectada significativamente por el tipo de troceado y por la temperatura de conservación. (Apéndice 1, Cuadro 2). El efecto de estos factores sobre la evolución de la firmeza se ha reportado en otros productos MPF como duraznos, nectarinas (Gorny *et al.*, 1998) y pimiento (González *et al.*, 2004).

Las manzanas enteras sin piel y mitades fueron los formatos que presentaron cada día de evaluación una firmeza significativamente mayor (1,9 a 2,6 kg-f) en comparación con los cascotes en mitad (1,5 a 2,4 kg-f). Al inicio del almacenamiento, los distintos tratamientos presentaron una firmeza entre 2,4 y 2,6 kg-f, mientras que al cuarto día de almacenamiento, estos valores disminuyeron aproximadamente 22% respecto del día 1 de evaluación. De acuerdo con lo anterior, la pérdida de firmeza se produjo a una mayor tasa durante los 4 primeros días de evaluación (Figura 7). Al respecto, Qi *et al.* (1999) encontraron una pérdida significativa de firmeza en cubos de melones Honeydew MPF (almacenados en aire y atmósfera controlada a 5 y 10 °C) durante los 6 primeros días demostrando que el ablandamiento más importante ocurre durante los primeros días de conservación. Para frutas climatéricas, la firmeza inicial de la fruta se considera un buen indicador de la madurez del fruto así como para la determinación de la vida útil del producto MPF (Beaulieu y Gorny, 2001). Por lo tanto, sería razonable suponer que la firmeza inicial también pueda ser utilizada como un índice de madurez y del potencial de vida útil de manzana MPF (Lana *et al.*, 2005). De hecho, la evaluación de la firmeza se ha incluido en la evaluación de calidad de productos MPF por muchos autores (Artés *et al.*, 1999; Hong *et al.*, 2000; Gil *et al.*, 2001; Wu y Abbott, 2002).

La temperatura de almacenamiento presentó un efecto significativo sobre la evolución de la firmeza al cuarto y sexto día de evaluación. El almacenamiento de los diferentes tipos de troceado de RD a 5 °C ayudó a conservar esta característica en mayor medida (8,8% menos de ablandamiento) que el almacenamiento a 8 °C. El almacenamiento a más bajas temperaturas es una práctica común para preservar la calidad de frutas y hortalizas, aunque se puede presentar una mayor pérdida de firmeza a bajas temperaturas debido al posible daño por frío (Jackman *et al.*, 1992). Al final del período de evaluación, la pérdida de firmeza en los distintos tipos de troceado de RD MPF fue de un 20,7; 27,9 y 36,4% para manzanas enteras sin piel, mitades y cascotes en mitades, respectivamente. Algo similar al último tipo de troceado reportaron Qi *et al.* (1999) quienes observaron un significativo ablandamiento en cubos de melón Honeydew almacenados en aire a 5 °C durante 6 días, presentando una pérdida de firmeza de un 29%. Rivera *et al.* (2005) obtuvieron al término del período de conservación de papaya MPF almacenada a 5 °C en aire entre distintos tipos de troceados una pérdida de firmeza mayor en rebanadas (67% de pérdida) que en cubos (57% de pérdida), indicando que la firmeza inicial de los cubos y rebanadas fue de 7,5 y 9,8 N, respectivamente.

En consecuencia, este mayor ablandamiento de RD MPF en forma de cascós en mitades y de menor tamaño, comparada con los otros tipos de troceados, puede ser atribuible a su alta relación S/V ( $3,3 \text{ cm}^{-1}$ ) y mayor superficie expuesta, exponiendo directamente los tejidos internos a la atmósfera y aumentando drásticamente la tasa de evaporación de agua y un mayor aporte de nutrientes para el desarrollo de microorganismos (García y Barrett, 2002). Resultados similares se obtuvieron en un estudio realizado por Argañosa *et al.* (2008) en papaya cv. Sunrise Solo en distintos tipos de troceado (cubo, paralelepípedo, cilindro, esfera y media esfera) almacenados a  $4^\circ\text{C}$  por 10 días, donde papayas en cubos tuvieron la más alta disminución en firmeza (día 0: 0,86 N al día 10: 0,36 N) comparado con los otros tipos de troceado, resultado que se atribuyó a su alta relación S/V (cubos de papaya S/V:  $4,3 \text{ cm}^{-1}$ ).

Todo lo anterior demuestra que al eliminar la piel en frutas u hortalizas MPF se suprime uno de los elementos característicos de cada variedad y más importantes para contrarrestar el ablandamiento, por lo tanto, después del procesado es un producto nuevo con aptitudes distintas (Aguayo, 2003). Por su parte, Watada y Qi (1999) demostraron que la rápida pérdida de firmeza y agua en frutas y hortalizas MPF es causada por la carencia de la piel protectora, además del daño provocado a las capas cuticulares y subepidérmicas, agregando que estas pérdidas están asociadas a factores como temperatura y tiempo de almacenamiento.



**Figura 7.** Firmeza de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a  $5$  y  $8^\circ\text{C}$ . Valores expresados como media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

## Color

### Luminosidad (L)

El tipo de troceado y la temperatura de conservación no tuvieron un efecto significativo sobre la luminosidad de la pulpa en los diferentes tipos de troceado. Sin embargo, al final de los días de evaluación (día 7) la temperatura fue significativa ya que a 5 °C las RD MPF presentaron un valor de luminosidad significativamente mayor (70,8) al de 8 °C (68,3) (Apéndice I, Cuadro 3).

Argañosa *et al.* (2008) en un estudio realizado con papaya MPF, reportaron que entre tipos de cortes (esferas con L = 56 a 57 y cilindros L = 51, almacenados a 4 °C por 10 días) no presentaron diferencias significativas en los valores de luminosidad durante el almacenamiento. Sin embargo, en otro estudio realizado también en papaya MPF, se observó que entre temperaturas de conservación (5 y 10 °C), cubos (L = 51 a 53) y rebanadas (L = 53 a 57) presentaron diferencias significativas en los valores de L (Rivera *et al.*, 2005).

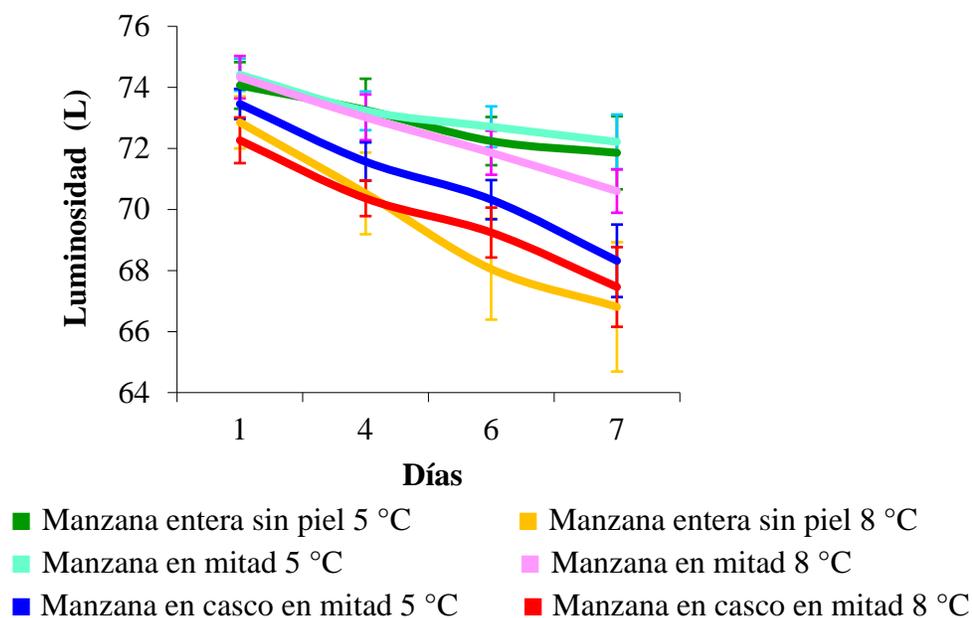
La pérdida de luminosidad de los distintos tipos de troceado de los valores de L a los 7 días fue de 5,7; 4,0 y 6,9% para manzanas enteras sin piel, manzanas en mitades y cascotes en mitades, respectivamente. Una disminución de L es un indicador de pardeamiento (Mastrocola y Lerici, 1991; Monsalve *et al.*, 1993) que lo hace una herramienta útil durante el almacenamiento lo que permite comprobar el resultado de las reacciones de oxidación o por el aumento de concentraciones de pigmentos (Nunes *et al.*, 1995).

Entre ambas temperaturas de conservación, se observó en promedio una mayor luminosidad a 5 que a 8 °C (Figura 8). De esta manera, las manzanas enteras sin piel y cascotes en mitades conservados a 8 °C presentaron una pulpa menos luminosa o más pardeada a través del almacenamiento lo cual podría estar relacionado con el almacenamiento refrigerado ya que a una mayor temperatura podría aumentar las reacciones metabólicas de los tejidos y al mismo tiempo incrementar la actividad de la polifenoloxidasa (PPO) (García y Barrett, 2002), enzima que cataliza la oxidación de los compuestos fenólicos y causa el pardeamiento enzimático, disminuyendo el valor de L (Hu *et al.*, 2007).

Otro factor que pudo contribuir con esta menor luminosidad para el caso de manzanas enteras sin piel, sería el pelado manual, que junto con otras operaciones, es una de las que puede provocar un mayor daño celular. Con respecto de la baja luminosidad observada en los cascotes en mitades, a parte del factor temperatura, puede explicarse por su mayor grado de procesamiento para su obtención. Así este tipo de troceado presentó un mayor daño y descompartmentalización celular por unidad de superficie, aumentando la posibilidad de contacto entre la enzima PPO y su sustrato. Kim *et al.* (1993b) reportaron que en manzanas puede producirse un rápido descenso en la luminosidad de la pulpa debido al pardeamiento enzimático causado por el daño a los tejidos al producirse el contacto entre enzimas y sus sustratos.

Esta acelerada reducción en el valor de L en el caso de manzanas o peras se debe a que la PPO es muy activa y además de una gran concentración de compuestos fenólicos (Matuschek y Svanberg, 2005; Quiles *et al.*, 2005).

Por otra parte, a partir del mismo día de procesamiento (día 0) empezó a producirse un incipiente oscurecimiento en la superficie de corte de las manzanas MPF (datos no mostrados). Una situación similar reportaron Lozano *et al.* (1993), quienes describiendo que la luminosidad de las rodajas de manzanas RD conservadas a 1 °C disminuyó considerablemente durante las primeras 48 horas. Además, Kim *et al.* (1993b) reportaron una rápida disminución en los valores de L en rebanadas de 12 variedades diferentes de manzana almacenadas 12 días a 2 °C y atribuyen estos cambios al pardeamiento enzimático, el cual ha sido ampliamente reportado (Coseteng y Lee, 1987; Kim *et al.*, 1993b; Brecht, 1995) y considerado la mayor parte del tiempo como un factor limitante en la vida útil de frutas MPF (Rolle y Chism, 1987; Monsalve *et al.*, 1993; Wiley, 1994).

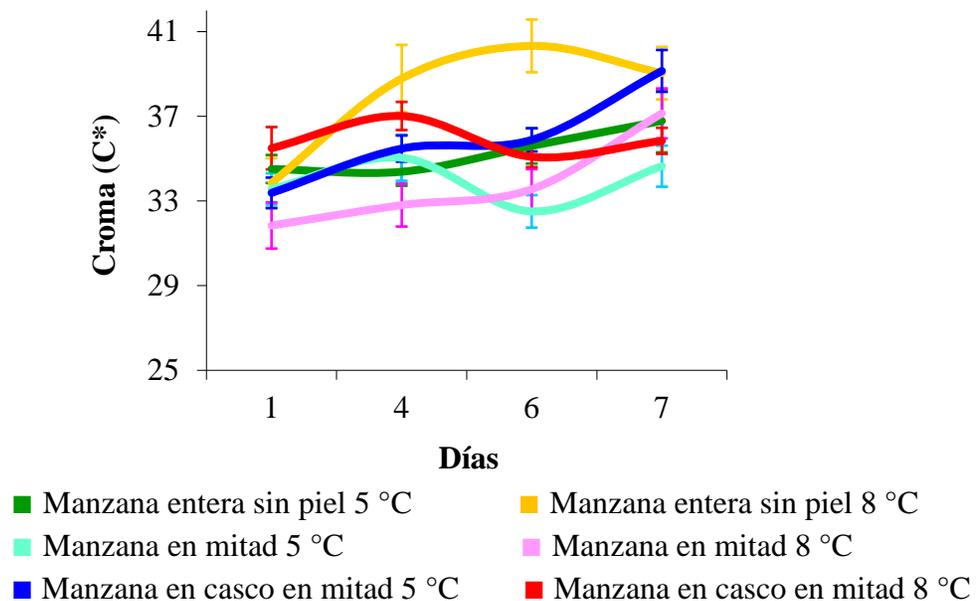


**Figura 8.** Luminosidad (L) de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 7 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=3)  $\pm$  ES.

### Croma (C\*)

Para el parámetro del color C\*, que está relacionado con el concepto de intensidad o pureza del color, sólo al sexto día de evaluación el tipo de troceado produjo cambios significativos. En este día, manzanas enteras sin piel presentaron un C\* de la pulpa significativamente mayor que las manzanas en mitades (Apéndice I, Cuadro 4).

En términos cuantitativos el croma de los tratamiento varió desde 31,8 a 35,5 el día 1 hasta un rango de 35,8 a 39,1 el día 7 de evaluación. Es decir, se observó un aumento de la intensidad o saturación del color al término del estudio (Figura 9). Sumado a esto, se vio anteriormente que los distintos tratamientos tuvieron valores promedios de L comprendidos entre 73,6 a 69,6 por lo que en términos descriptivos estos dos parámetros distinguen que el color de la pulpa durante el período de evaluación tuvo una percepción visual cercana al rango “claro” (Fort, 1996) (Anexo II).



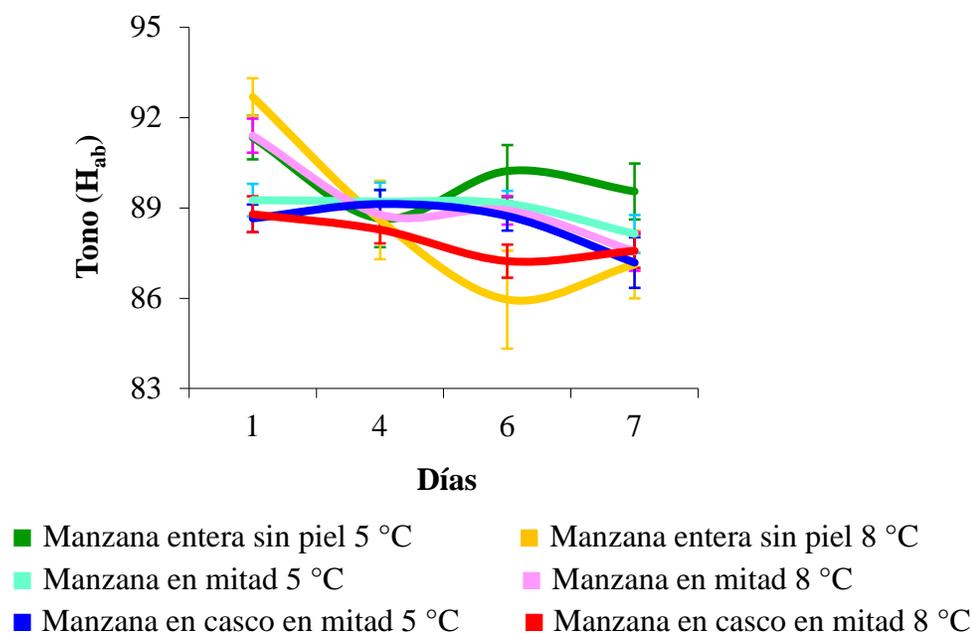
**Figura 9.** Croma (C\*) de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 7 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=3) ± ES.

### Tono (H<sub>ab</sub>)

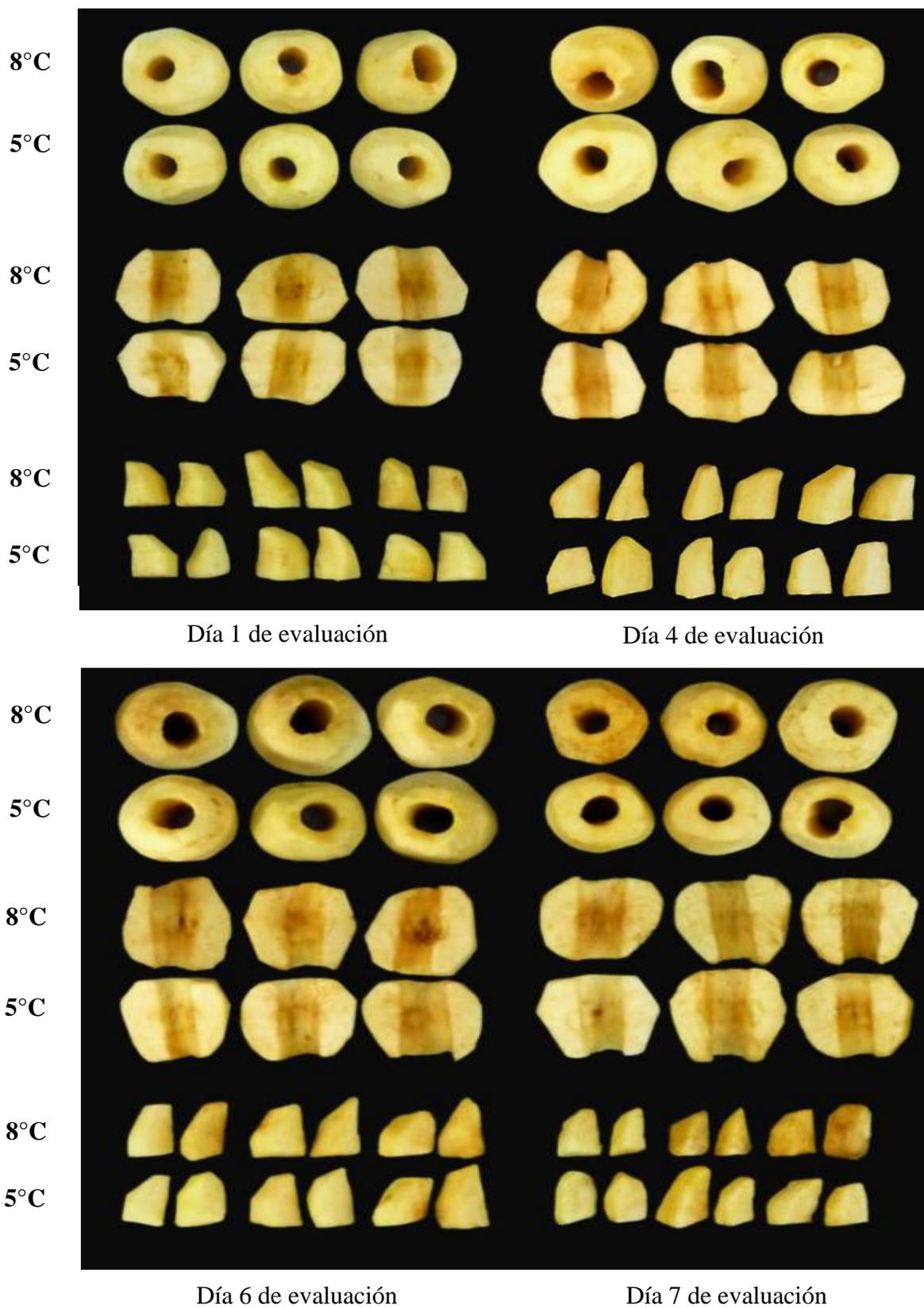
El H<sub>ab</sub>, que representa el color verdadero, se utiliza como un indicador de pardeamiento del tejido (Calderón *et al.*, 2005; Xuetong *et al.*, 2005), al igual que los cambios en los valores de L que se ha utilizado en el monitoreo del pardeamiento enzimático en superficies de manzana MPF (Soliva *et al.*, 2001). Al inicio del estudio, tanto el tipo de troceado como la temperatura de conservación tuvieron un efecto significativo sobre H<sub>ab</sub> (Apéndice I, Cuadro 5). Así, al día 1 se observó que las manzanas enteras sin piel presentaron un H<sub>ab</sub> mayor con respecto de los cascos en mitades y un mayor tono a 8 que a 5 °C.

En estudios realizados en papaya MPF, se observó que los tipos de troceado en forma de cilindros, en general, presentaron valores de  $H_{ab}$  más altos y paralelepípedos los más bajos a lo largo del almacenamiento a 4 °C por 10 días, debido a la diferencia de superficie entre estos dos tipos de cortes (cilindro, 12,0 cm<sup>2</sup>; paralelepípedo, 15,1 cm<sup>2</sup>) (Argañosa *et al.*, 2008). En el presente trabajo, los tipos de troceado de mayor tamaño (enteras sin piel, con una superficie de 164,3 cm<sup>2</sup> y mitades con una superficie de 73,5 cm<sup>2</sup>) presentaron, en general, los mayores valores de  $H_{ab}$ , aunque el tipo de troceado, no produjo cambios significativos en este parámetro en la mayoría de los días de evaluación. En cuanto a los promedios de  $H_{ab}$  entre temperaturas de conservación, descriptivamente se observó, en general, mayores valores de  $H_{ab}$  a 5 que a 8 °C. Además, A lo largo del ensayo los valores de  $H_{ab}$  disminuyeron (Figura 10) dentro de rangos estrechos (92,7 a 86,0) siendo esta disminución del tono para manzanas enteras sin piel, mitades y cascos en mitades de 4; 2,8 y 1,5%, respectivamente. En términos cualitativos estos rangos de  $H_{ab}$  indican un tono de la pulpa desde “amarillo” a “amarillo anaranjado”.

El pardeamiento de la pulpa de los distintos tratamientos cuantificado por la disminución de L y  $H_{ab}$  fue más evidente durante el último día de evaluación lo que podría atribuirse al consumo más intenso de los sustratos por la PPO (Sapers y Douglas, 1987; Lozano *et al.*, 1994). La evolución del color de la pulpa de los distintos tratamientos almacenados a 5 y 8 °C durante los 7 días de evaluación se puede apreciar en la Figura 11.



**Figura 10.** Tono ( $H_{ab}$ ) de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 7 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

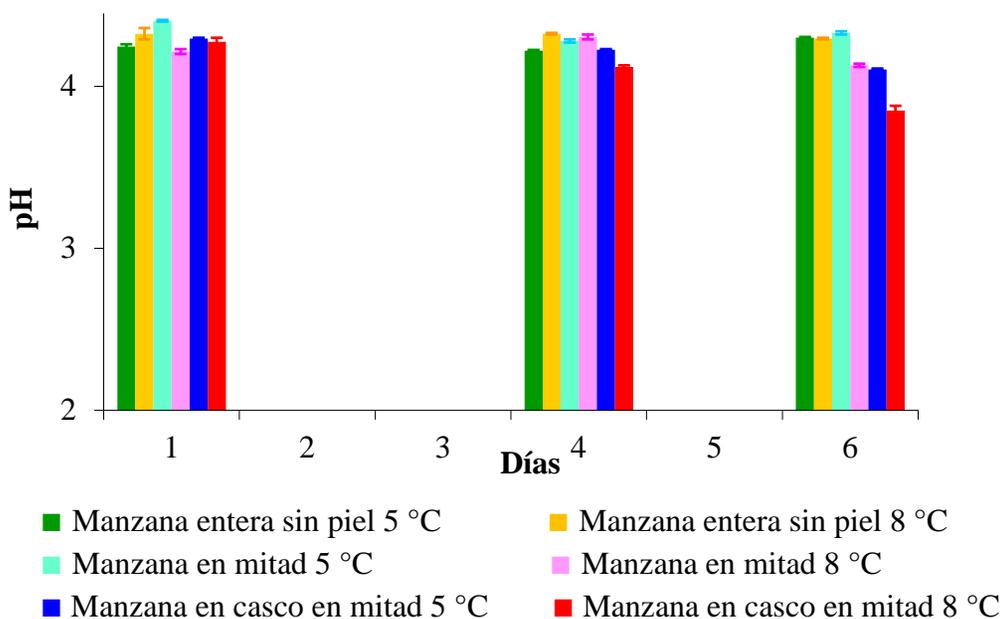


**Figura 11.** Comparación de la evolución del color de la pulpa de los distintos tratamientos almacenados 7 días a 5 y 8 °C.

## Determinaciones químicas

### pH

Los valores de pH de los distintos tratamientos tuvieron leves cambios (3,9 a 4,4) (Figura 12) que constituyeron diferencias significativas en algunos casos. En general, los mayores y menores valores de pH se observaron en los tratamientos de manzanas en mitades a 5°C y manzanas en cascos en mitades a 8 °C, respectivamente, diferenciándose significativamente de algunos tratamientos en los días de evaluación (Apéndice I, Cuadro 6). Estos tratamientos presentaron un pH promedio de 4,2 el cual podría considerarse como un pH bajo y conveniente en frutas MPF, ya que proporcionaría una mejor protección contra el crecimiento microbiano y pardeamiento. Al respecto, se ha informado que el pH óptimo para la actividad de la PPO en la mayoría de las frutas está entre 6 y 7 (Osuga *et al.*, 1994; Artés *et al.*, 1998), otros autores lo establecen entre 5 y 7 (Rosa y Carvalho, 2000). No obstante, varias investigaciones han determinado que la PPO en manzanas es más activa dentro de un pH de rango 4 a 5. En esta investigación, el pH de la mayoría de los tratamientos presentó valores sobre 4 los cuales son propicios para la actividad de la PPO y el crecimiento de especies microbianas, suponiendo que las condiciones de humedad y temperatura sean favorables (Rosa y Carvalho, 2000). Esto pudo haber ayudado al desarrollo de un rápido pardeamiento en las superficies de corte ya en el primer día de evaluación y presencia incipiente de actividad microbiana al término del ensayo.



**Figura 12.** pH de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF evaluados hasta el día 6 y almacenados 7 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=3) ± ES.

### **Acidez titulable (AT)**

Los rangos promedios de los valores de AT no mostraron cambios considerables a través de los días de evaluación (0,15 a 0,22 % ác. Málico), no obstante, estos valores de AT presentaron diferencias significativas entre tipos de troceado como entre temperaturas de conservación. De esta forma, los trozos de mayor tamaño, en general, tuvieron una AT mayor a 5 que a 8 °C. Sin embargo, en cascos en mitades la AT fue mayor a 8 que a 5 °C (Apéndice I, Cuadro 7).

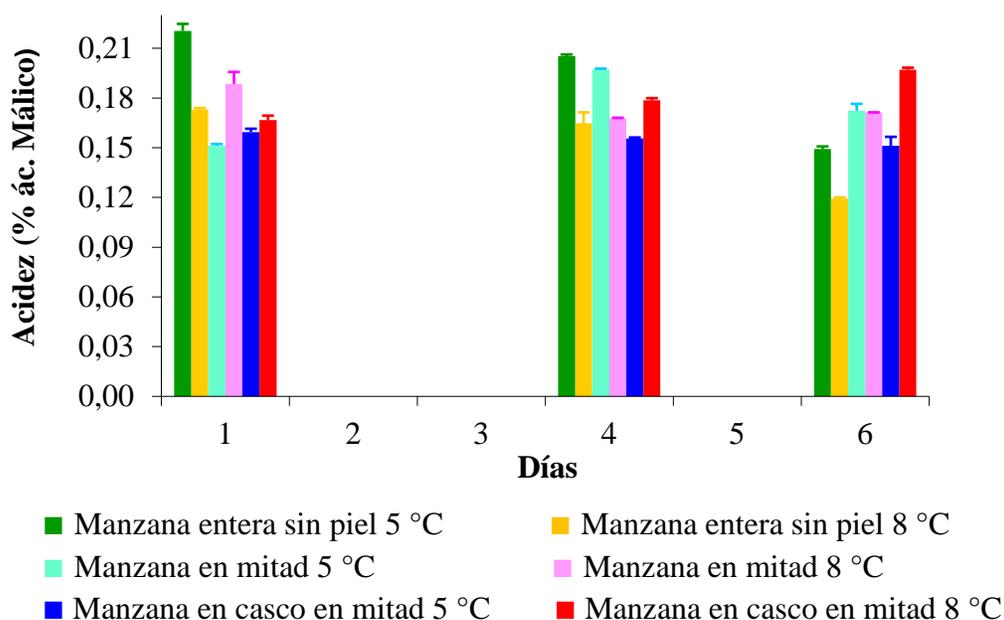
Las manzanas RD MPF, siguiendo su normal proceso de maduración y acelerado por el mínimo proceso, en forma descriptiva se observó a través de los días de evaluación una disminución en la mayoría de los tratamientos (Figura13), presentando al final del estudio los niveles más bajos de AT. Esta disminución en los valores de AT se puede atribuir a la tasa respiratoria la cual tuvo un alza durante el sexto día de evaluación.

Al respecto, se ha reportado que durante las alzas de tasa respiratoria los ácidos orgánicos se utilizan mayormente en comparación con otros compuestos orgánicos disminuyendo de esta forma los niveles de AT (Kim *et al.*, 1993b).

En particular, dos tipos de troceado con distinta relación S/V y almacenados a diferentes temperaturas, como son las manzanas enteras sin piel conservadas a 5 °C y cascos en mitades a 8 °C, presentaron valores de AT significativamente mayores con respecto a los valores de AT de los otros tratamientos.

Este aumento de los valores de la AT, se puede explicar para el caso de manzanas enteras sin piel a 5 °C, por su menor grado de procesamiento y almacenamiento a una temperatura más baja, todo lo cual permitiría un metabolismo menos activo con la consiguiente reducción de la tasa de desdoblamiento de los ácidos orgánicos, por lo que el consumo de estos ácidos para producir energía se reduciría (Aguayo, 2003).

Por su parte, en los cascos en mitades a 8 °C, este aumento de la AT puede ser atribuido a una mayor pérdida de agua (datos no mostrados), causando un efecto de concentración al final del almacenamiento que explicaría el incremento del porcentaje de AT (Wills *et al.*, 1998). Kays (2004), afirma que los precursores inmediatos de los ácidos orgánicos no son solamente otros ácidos orgánicos sino también los azúcares, pudiendo jugar un papel en el aumento de la AT al final del almacenamiento.



**Figura 13.** Acidez titulable (% ác. Málico) de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

### Sólidos solubles totales (SST)

Para el parámetro de SST, sólo el tipo de troceado fue significativo los días 1 y 6 de evaluación. En estos días manzanas en cascos en mitades presentaron valores de SST significativamente mayores (13,3%) a los de manzanas en mitades (12%) y menores (13%) a los de manzanas enteras sin piel (13,3%), respectivamente. Sin embargo, los rangos de los valores de SST de los distintos tratamientos no mostraron cambios notables a través de los días de evaluación (11,9 a 13,9%) (Apéndice I, Cuadro 8).

Kim *et al.* (1993b) también informaron que no hubo cambios significativos en el contenido de SST de varios cultivares de manzanas en rebanadas durante el almacenamiento a 2 °C por 12 días. Lo cual pudo deberse a que los ácidos orgánicos, sustancias pécticas y otros azúcares también contribuyen a los SST.

Por otra parte, tanto a 5 como a 8 °C, en forma descriptiva los trozos con un menor grado de procesamiento como son las manzanas enteras sin piel y mitades, en el último día de evaluación se observó un aumento de sus valores de SST con respecto a los del inicio del estudio (Figura 14).

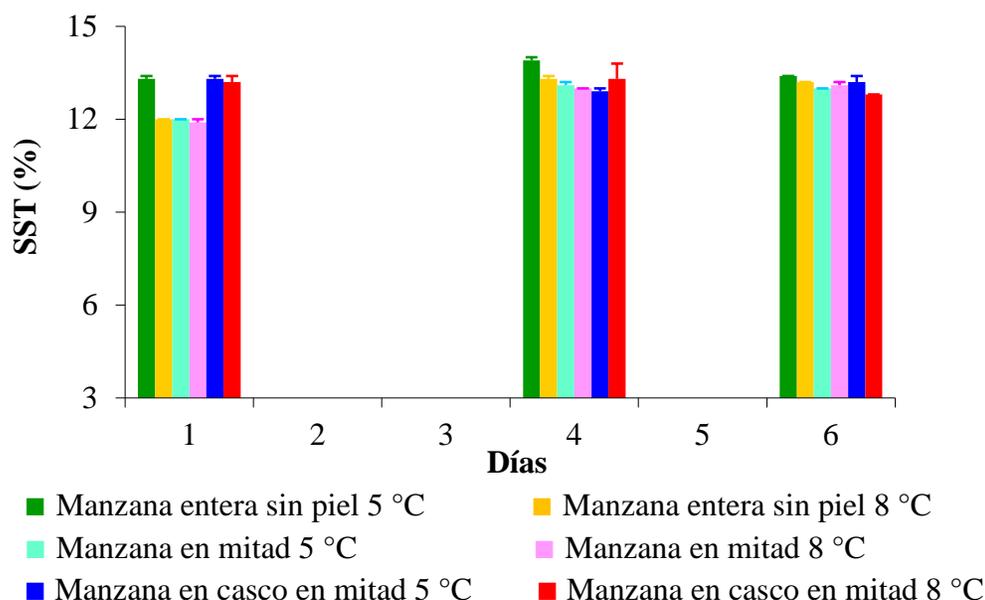
Este aumento en los SST durante el ensayo puede explicarse porque los valores de SST tienden a incrementarse con el tiempo de almacenamiento debido a que las frutas pierden humedad en un gradiente mayor con respecto al desdoblamiento del azúcar por la respiración, produciéndose de esta forma un efecto de concentración de éstos (Ryugo, 1993). Otra justificación posible a este aumento de los SST está en que las protopectinas en las paredes celulares se hidrolizan a pectinas solubles las que pueden contribuir al aumento de la concentración de los SST (Ryugo, 1993).

En general, descriptivamente se observó que los distintos tipos de troceado en cada día de evaluación, presentaron valores de SST menores a 8 que a 5 °C (Figura 14). Gil *et al.* (1996) observaron en granada procesada una ligera reducción en SST cuando se conservó a 8 y 4 °C frente a 1 °C. Por su parte, en melón MPF variedades Piel de Sapo y Amarillo, al igual que en el presente estudio, la temperatura no tuvo ningún efecto significativo en los SST, pero sí el tipo de troceado. En ambos tipos de melones junto con Cantaloupe, los cilindros con un mayor metabolismo por el mayor grado de procesado, experimentaron un descenso en los SST (Aguayo, 2003).

En particular, con respecto a las manzanas en cascotes en mitades a 8 °C, descriptivamente éstas disminuyeron hasta tener los valores más bajos de SST (12,8%) en comparación a todos los demás tratamientos en el último día de evaluación (Figura 14). Estos menores valores de SST de los cascotes en mitades podrían explicarse por su mayor metabolismo dado por su mayor grado de procesamiento y temperatura de conservación lo cual fue corroborado por su mayor tasa respiratoria a 8 °C.

Lo anterior se ha explicado e informado por varios autores que han correlacionado la disminución en el contenido de SST con la reducción en el contenido de azúcares y un aumento en la actividad respiratoria por efecto de las temperaturas más altas (Chan, 1979; Agar *et al.*, 1999; Lamikanra *et al.*, 2000; Ayala *et al.*, 2004).

Teniendo en cuenta que el contenido de SST está constituido, en general, por 80 a 95% de azúcares (Fischer y Martínez, 1999), resultan ser compuestos importantes en la utilización como sustratos en el proceso de la respiración y como esqueletos de carbono para síntesis de nuevos metabolitos y otros procesos en la maduración y esto podría ser la razón principal que causaría la reducción del contenido de SST observados en las frutas MPF almacenadas a temperaturas más altas (Kays, 2004).



**Figura 14.** Sólidos solubles totales (SST) de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

## Evaluación sensorial

### Apariencia

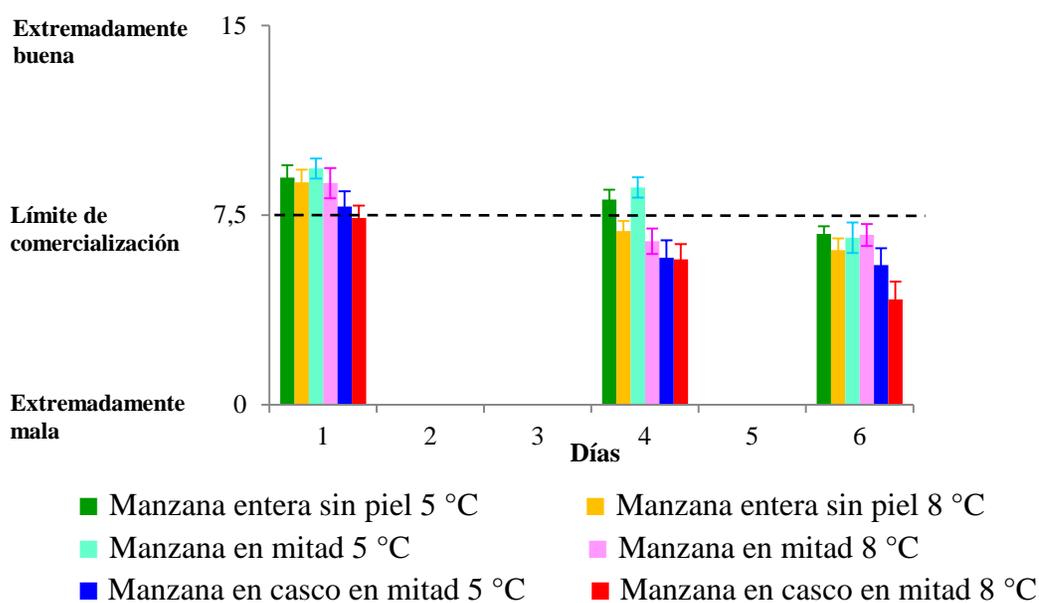
La apariencia de RD MPF presentó diferencias significativas al analizar el tipo de troceado, durante los tres días de evaluación. En estos días se observó una diferencia significativa entre los tipos de troceado de mayor tamaño y las manzanas en rebanadas en mitades, siendo mejor calificados manzanas enteras sin piel (7,6) y mitades (7,7) que los trozos de menor tamaño (6,1). Adicionalmente, la temperatura de conservación presentó diferencias significativas sólo en el día 4 de evaluación, siendo mejor evaluada a 5 °C (7,5) que 8 °C (6,4). (Apéndice I, Cuadro 9).

Descriptivamente, la apariencia de los distintos tratamientos fue disminuyendo progresivamente desde el inicio hasta el último día de evaluación. Al inicio del ensayo sólo los cascos en mitades a 8 °C tuvieron una calificación (7,4) levemente por debajo del límite comercial (7,5). Sumado a esto, sólo los tratamientos con los trozos de mayor tamaño y conservados a 5 °C (8,1 y 8,6, respectivamente) mantuvieron por cuatro días la mejor apariencia (Figura15). La evolución de este parámetro sensorial para estos tratamientos hasta el cuarto día de evaluación se puede explicar principalmente porque su menor relación S/V y menor temperatura de conservación permitió generar una tasa respiratoria,

generalmente estable y menor, lo que repercutió en un porcentaje mayor de acidez (manzanas enteras sin piel a 5°C) durante el ensayo, y un pH generalmente estable lo que permitió mantener valores mayores de luminosidad y tono.

Al final del período de evaluación todos los tratamientos llegaron a una calificación de apariencia desde 4,1 a 6,8 sin posibilidad de comercialización (Figura 15). En consecuencia, se puede explicar que la pérdida de apariencia en los distintos tratamientos al término de la evaluación del ensayo tuvo una clara correspondencia con las variaciones que sufrió el color el cual presentó un menor valor de L y  $H_{ab}$ . Por otra parte, la pérdida de líquido celular que se observó en la superficie de corte y pelado de la fruta MPF provocó pérdida de forma en los distintos tipos de troceado.

Según, Toivonen y Brummell (2008), la apariencia de una fruta u hortaliza MPF, es el atributo más perceptible para el consumidor y afecta en gran medida la decisión de compra. Muchos factores no relacionados influyen en la apariencia desde los efectos relacionados con heridas, pérdida de agua, o la colonización microbiana. Estos factores tienen diferentes causas y efectos diferentes pero todas resultan en un producto poco atractivo.



**Figura 15.** Apariencia de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media ( $n=12$ )  $\pm$  ES.

## Pardeamiento

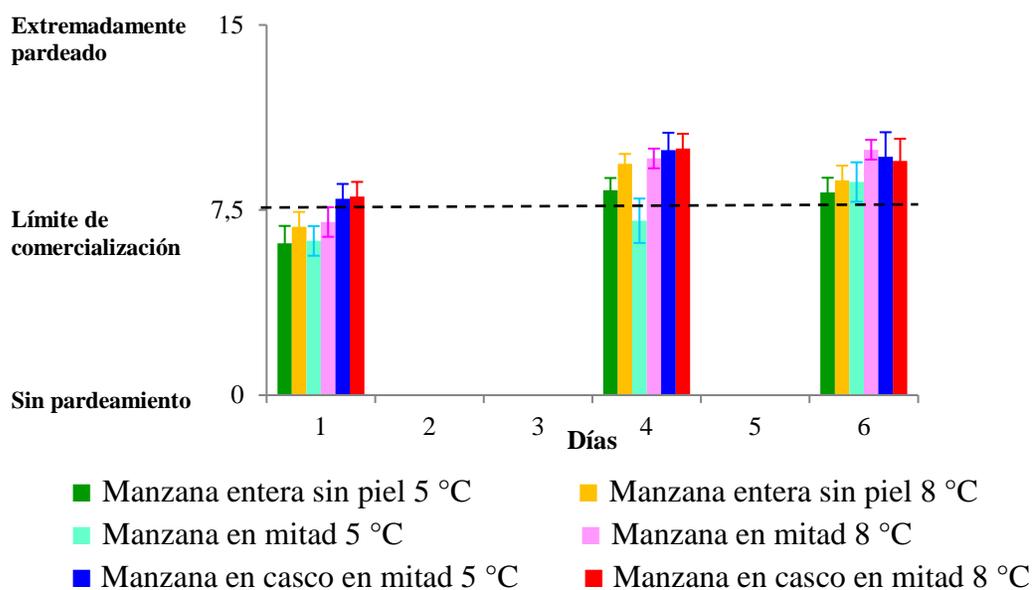
La evaluación del pardeamiento presentó diferencias significativas al considerar el factor troceado (días 1 y 4). En estos días de evaluación, los trozos en cascotes en mitades tuvieron un pardeamiento con una calificación de 8,0 y 10, respectivamente, el cual fue significativamente mayor al pardeamiento de manzanas enteras sin piel (6,5), como al de manzanas en mitades (8,3). Por otra parte, la temperatura de conservación tuvo un efecto significativo sobre el pardeamiento sólo durante el día 4 de evaluación, y obtuvo una mejor calificación a 5 °C (8,4) que a 8 °C (9,7) (Apéndice I, Cuadro 10).

En general, tanto a 5 como a 8 °C, descriptivamente los diferentes tipos de troceado presentaron un aumento en los puntajes hasta el último día de evaluación. Al respecto, al inicio del ensayo todos los tratamientos presentaron calificaciones por debajo de 7,5 excepto, cascotes en mitades conservados a 5 y 8 °C. Sin embargo, al término del estudio cada tratamiento tuvo un pardeamiento que se calificó sobre el límite de comercialización (Figura 16). Estos resultados de pardeamiento tuvieron una relación en forma inversa con la evolución de la apariencia puesto que una mayor calificación de apariencia significó un menor puntaje de pardeamiento. La mayor o menor intensidad de pardeamiento de los distintos tratamientos se relacionan con la variación de los parámetros de color, específicamente el parámetro de color L y los fundamentos que explicarían esta variación se describen en la Sección Color de manzana RD MPF.

Revisiones previas en cuanto al mecanismo y el control del pardeamiento enzimático se han limitado a la descripción de la bioquímica de la polifenoloxidasa (PPO), la interacción con polifenoles y el oxígeno (Sapers, 1993; Martínez y Whitaker, 1995).

Se ha reportado que la PPO cataliza dos reacciones: (1) hidroxilación de monofenoles a difenoles y (2) la oxidación de los difenoles a quinonas. La reacción de hidroxilación es relativamente lenta y resulta en productos incoloros, mientras que la reacción de oxidación es relativamente rápida y las quinonas resultantes son de color (Espín *et al.*, 2000).

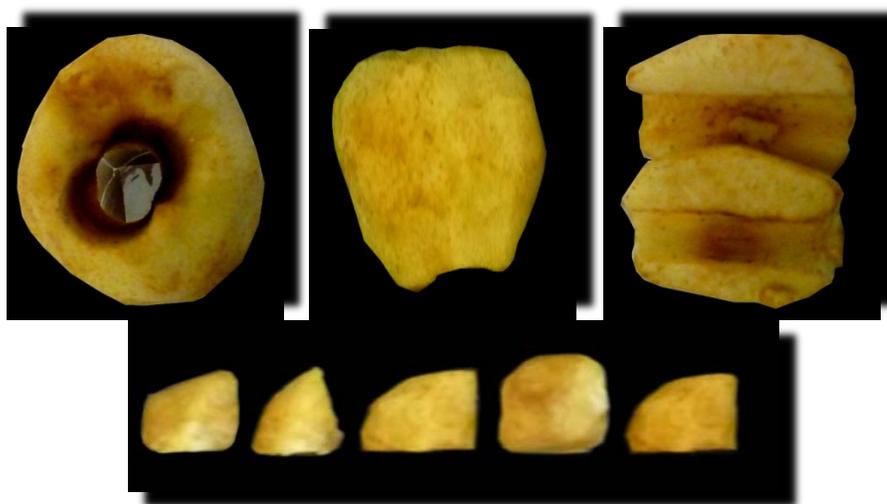
Se puede concluir que el pardeamiento enzimático se trata de un problema particular de las frutas con pulpa blanca, como las manzanas y las peras, pero también es un factor perjudicial en muchas frutas y hortalizas MPF (Toivonen y Brummell, 2008).



**Figura 16.** Pardeamiento de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=12) ± ES.

### Textura

La evaluación de textura de RD MPF se hizo sólo hasta el día 4 de evaluación debido al deterioro de la apariencia como consecuencia del desarrollo insipiente de crecimiento microbiano detectado por los jueces entrenados (Figura 17).



**Figura 17.** Condición general de los distintos tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF conservadas a 5 y 8 °C al día 6 de evaluación.

La evaluación de la textura de las manzanas RD MPF mostró diferencias significativas entre algunos tratamientos sólo al inicio del ensayo (Apéndice I, Cuadro 11).

Al día 1 de evaluación, los trozos de mayor tamaño conservados a 5 °C tuvieron una mejor percepción en boca por parte de los jueces entrenados, los cuales obtuvieron los mayores puntajes de textura (9,5 y 9,8, respectivamente) y sobre el límite de comercialización. Además estos dos tipos de troceado, manzanas enteras sin piel y mitades presentaron una calificación de textura significativamente mayor a 5 que a 8 °C.

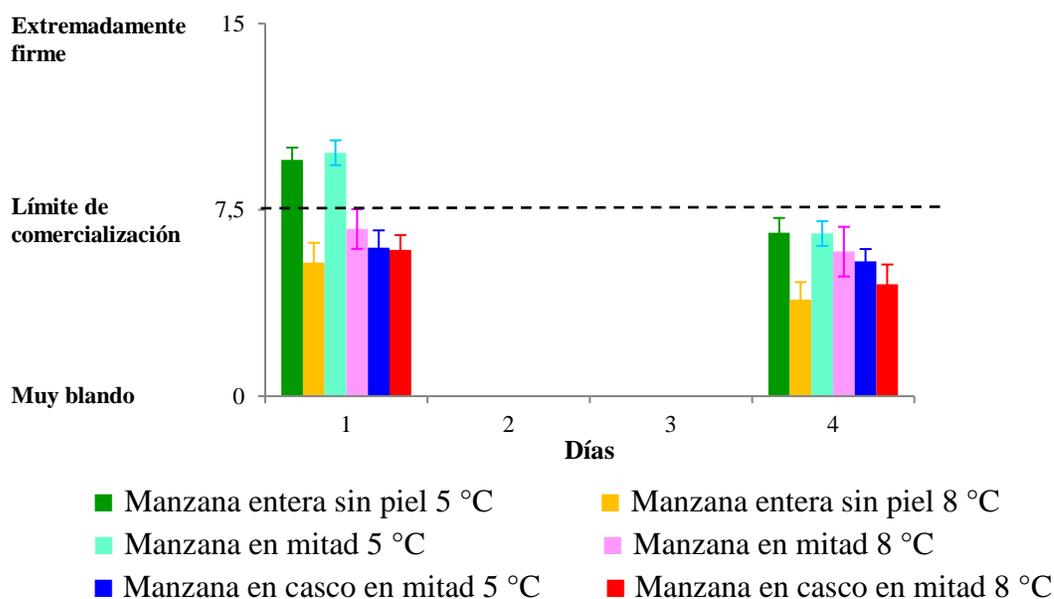
Por otra parte, el factor temperatura tuvo un efecto significativo durante el día 4 de evaluación, observándose a 5 °C un mejor puntaje de textura (6,2) que a 8 °C (4,7).

Al igual que con otros parámetros de calidad de los productos MPF (como el sabor, aroma, color y apariencia), la textura se ve afectada por la temperatura de almacenamiento (Artés *et al.*, 1999). Así el ablandamiento acelerado del tejido por las heridas de corte, es con frecuencia el principal problema que limita la vida útil de los productos cortados en fresco (Agar *et al.*, 1999), que incluso cuando son refrigerados pueden llegar a ser inaceptables en unos pocos días (O'Connor *et al.*, 1994).

Tanto a 5 como a 8 °C, los puntajes de textura de los distintos tratamientos fue disminuyendo a través de los días de evaluación, de esta forma al término del estudio no hubo tratamientos con una calificación de textura apta para la comercialización (Figura 18). Estos resultados de textura durante el ensayo tuvieron concordancia con la determinación física de firmeza ya que la evolución de ésta también presentó valores que determinaron una evidente disminución de la firmeza a través del ensayo. Lo anterior puede ocurrir ya que existen determinados géneros de microorganismos que sintetizan enzimas (pectolíticas y celulasas) que causan la descomposición de los tejidos (degradación de la celulosa y pectina) provocando el ablandamiento (Liao y Wells, 1987). Además, se ha informado que en estos productos MPF la firmeza raramente se mantiene por más de 10 días, incluso bajo condiciones de almacenamiento óptimas (Szczeniak, 1998; Fillion y Kilcast, 2000, 2002; Bourne, 2002).

En consecuencia, entre los factores importantes que explicarían la pérdida de textura estaría la pérdida de agua y líquido celular (Shackel *et al.*, 1991; Saladié *et al.*, 2007) y el desarrollo de microorganismos. Al respecto, la pérdida de agua conduce a una pérdida de turgencia y de crocancia, lo cual es rápido en los productos MPF debido a la ausencia de una cutícula y capas subepidérmica y por la exposición de tejidos internos (Toivonen y Brummell, 2008).

Finalmente, Cantwell y Suslow (2002), señalan que los cambios de apariencia y textura están estrechamente vinculados al deterioro del tejido, y como tal se pueden y se utilizan como medidas de frescura y disminución de la calidad en la investigación y la industria de productos MPF. Por lo tanto, estas dos características son probablemente los atributos de calidad más interesantes con los cuales las industrias de productos MPF actualmente están preocupados en relación a maximizar la vida útil (Toivonen y Brummell, 2008).



**Figura 18.** Textura de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF evaluados hasta el día 4 y almacenados 6 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media ( $n=12$ )  $\pm$  ES.

### Manzana Cripps Pink MPF

#### Caracterización de la materia prima

La pulpa de la fruta entera presentó un tono “verde-amarillo/verde-amarillento” ( $H_{ab} = 105,9$ ) de acuerdo con el diccionario Akal del color (Sanz y Gallego, 2001) (Anexo III). Una luminosidad de 81,6 y un  $C^*$  de 27,3.

Según estos parámetros, el color de la pulpa tendría una percepción visual “clara” de acuerdo a la gráfica de los términos descriptivos de la variación de  $C^*$  y  $L$  (Fort, 1996) (anexo II). Además, la fruta entera tuvo un contenido de SST de 14,3%, el cual puede ser considerado alto, de acuerdo con Llácer (2008) (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Caracterización física y química de los frutos enteros Cripps Pink almacenados a 0 °C.

<b>Parámetro</b>	<b>Promedio<sup>Z</sup></b>
Peso (g)	190,5±1,6
Firmeza (kg-f)	3,7±0,0
Diámetro polar (mm)	73,1±0,7
Diámetro ecuatorial (mm)	74,9±0,4
Color de cubrimiento (%)	30,5±2,2
<b>Color de piel</b>	
L	67,4±0,8
C*	43,0±0,6
H <sub>ab</sub>	79,5±1,9
<b>Color de pulpa</b>	
L	81,6±0,4
C*	27,3±0,5
H <sub>ab</sub>	105,9±0,4
<b>Determinaciones químicas</b>	
pH	3,7±0,0
Acidez titulable (% ác. Málico)	0,4±0,0
Sólidos solubles totales (%)	14,3±0,5

Z: Valores expresados como media (n = 25) ± error estándar.

### **Eficiencia o índice de conversión (IC)**

El corte con mayor eficiencia de conversión fue la manzana entera sin piel (72,4%), debido al menor número de operaciones para su elaboración (pelado y descorazonado). Al procesar manzanas en mitades se obtuvo un IC de 69,1%, cuyo proceso tiene una operación más que el anterior tipo de troceado (pelado, descorazonado y corte), mientras que las manzanas troceadas en cascós en mitades tuvo una mayor cantidad de residuos, lo cual puede atribuirse a un mayor número de procesos para su obtención (pelado, descorazonado y 16 cortes) generando un 64,4% de eficiencia de conversión (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Índice de conversión para los distintos tipos de troceado de manzana Cripps Pink.

Tratamiento	Peso de manzanas por tratamiento (kg)	Peso residuos (kg)	IC (%)
Manzanas enteras sin piel a 5 °C	6,2	1,7	72,6
Manzanas enteras sin piel a 8 °C	6,1	1,7	72,1
Manzanas en mitades a 5 °C	6,2	2,0	67,7
Manzanas en mitades a 8 °C	7,1	2,1	70,4
Manzanas en cascós en mitades 5 °C	6,1	2,2	63,9
Manzanas en cascós en mitades 8 °C	7,1	2,5	64,8

### Tasa respiratoria

El tipo de troceado tuvo un efecto significativo sobre la tasa respiratoria en la mayoría de los días del período de evaluación. Mientras que la temperatura tuvo un efecto significativo principalmente al comienzo del estudio (Apéndice II, Cuadro 1).

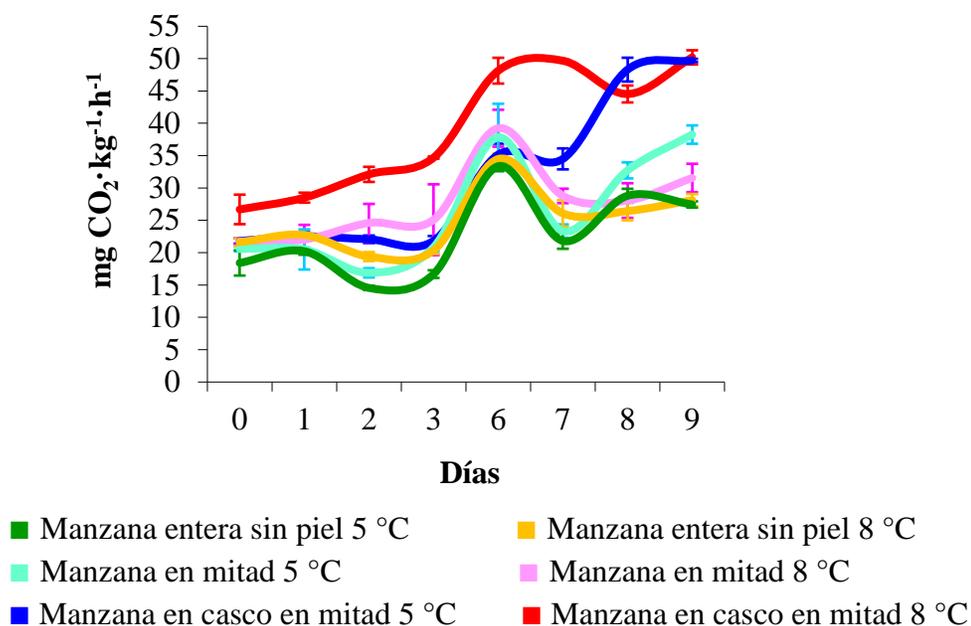
Los cascós en mitades presentaron una tasa respiratoria con valores significativamente más altos ( $35,7 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) que manzanas enteras sin piel y mitades ( $23,8$ ;  $27,0 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , respectivamente).

La tasa respiratoria de los diferentes tipos de troceado conservados a 5 °C ( $27,0 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) fue 1,1 veces menor que la de aquellos trozos conservados a 8 °C ( $30,6 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ), observándose que las manzanas troceadas en cascós en mitades sufrieron el mayor estrés, alcanzando los valores más altos de respiración ( $39,3 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) en comparación con las manzanas enteras sin piel almacenadas a 5 °C ( $22,7 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) (Figura 19).

Durante los 3 primeros días de evaluación los valores de producción de  $\text{CO}_2$  fueron menores y relativamente estables tanto a 5 como a 8 °C, sin presentar valores significativamente altos como respuesta al estrés del corte inicial durante el día cero (Figura 19). Informes anteriores en rodajas de manzanas de once cultivares con tratamiento térmico previo a los frutos enteros y en papaya Formosa con cortes de distintos tamaños ( $2,5 \times 2,5 \text{ cm}$  y  $2,5 \times 5,0 \text{ cm}$ ) y almacenados a 2, 3, 6 y 9 °C reportaron que la tasa respiratoria tuvo como patrón normal, después de la respuesta al estrés del corte inicial, una disminución de la tasa respiratoria seguido por una estabilización en la producción de  $\text{CO}_2$  (Kim *et al.*, 1993a; Teixeira *et al.*, 2001).

En el presente estudio, al sexto día los diferentes tratamientos presentaron los valores más altos de tasa respiratoria constituyendo la primera alza respiratoria. Posteriormente, se produjo en general una disminución en los valores de la tasa respiratoria (día 7), y al final del período de evaluación se produjo otra alza respiratoria causada probablemente por un crecimiento microbiano incipiente. Sin embargo, la fruta MPF no presentó un deterioro intenso y generalizado en su calidad.

En la Sección de Respiración de manzana RD MPF, se fundamentó y discutió las variaciones de la tasa respiratoria de acuerdo al tipo de troceado y temperatura de conservación.



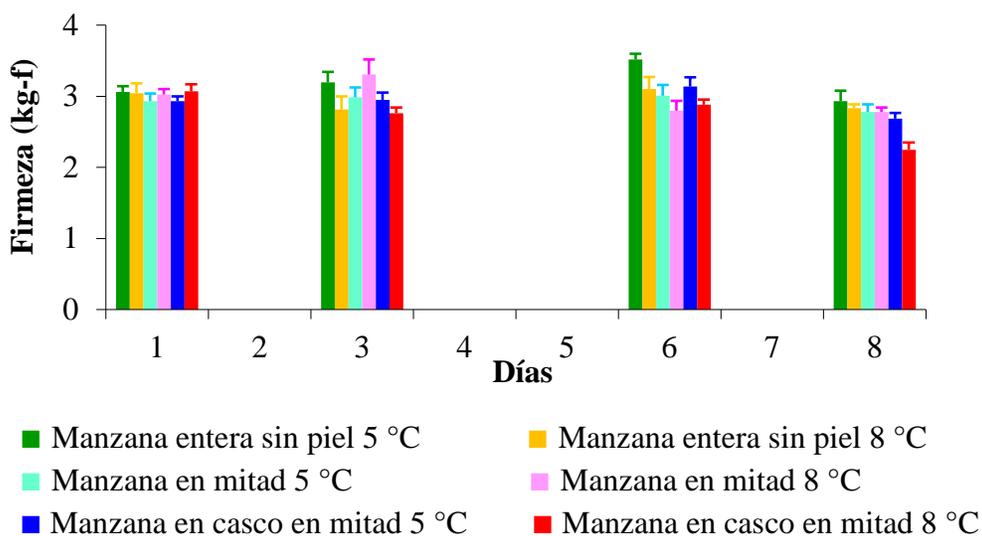
**Figura 19.** Tasa respiratoria de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 9 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=3)  $\pm$  ES.

### Firmeza

El parámetro de firmeza fue afectado significativamente por el tipo de troceado los 2 últimos días de evaluación. Durante el día 6 de evaluación se observó en manzanas en mitades un 12,4% más de pérdida de firmeza que en manzanas enteras sin piel. Sin embargo, al octavo día el tipo de troceado de menor tamaño tuvo 14,2 y 11,2% más pérdida de firmeza que manzanas enteras sin piel y mitades, respectivamente. Por su parte, el factor temperatura produjo un efecto significativo sobre la firmeza sólo el día 6, evidenciándose un 9% más de ablandamiento a 8 que 5 °C (Apéndice II, Cuadro 2).

Al final del período de conservación, la pérdida de firmeza en los distintos tipos de troceado fue de un 5,6% para manzanas enteras sin piel, un 6,7% para mitades y un ablandamiento de un 17,6% para las manzanas en cascotes en mitades. En consecuencia, al relacionar el ablandamiento con el tipo de troceado se tuvo que las manzanas enteras sin piel y mitades fueron los tipos de troceado que presentaron un menor ablandamiento durante el ensayo cuyos valores finales fueron de 2,9 y 2,8 kg-f, respectivamente. Mientras que las manzanas en cascotes en mitades presentaron una menor firmeza (2,5 kg-f) al término del período de evaluación.

Los valores de firmeza en algunos días de evaluación (día 1 y 3) no presentaron un comportamiento esperado, observándose en mitades y cascotes en mitades un mayor ablandamiento a 5 que a 8 °C. Además, se evidenciaron valores con un aumento de la firmeza en algunos tratamientos al tercer y sexto día de evaluación con respecto a la evaluación del día anterior (Figura 20). Este comportamiento en los datos de firmeza refleja una variación natural dentro y entre la fruta individual que resulta de las diferencias en la composición de los tejidos del fruto (King y Bolin, 1989; Lesage y Destain, 1996; Artés *et al.*, 1999). En este estudio, se tuvo especial cuidado con estandarizar las mediciones de firmeza en la misma posición en cada tipo de troceado como se describe en la Sección de Materiales y Métodos. Sin embargo, posiblemente una variación en la composición y estado de madurez también pudo estar presente inevitablemente en los diferentes lados de la misma fruta (Lesage y Destain, 1996). Además, como se explicó anteriormente la tasa de ablandamiento después del procesamiento depende de muchos factores relacionados con el producto, el mismo procesamiento y las condiciones de almacenamiento (Beaulieu y Gorny, 2001). Anteriormente, el comportamiento de una menor o mayor pérdida de firmeza de los distintos tipos de troceado conservados a 5 y 8 °C se discutió y fundamentó en la Sección de Firmeza de manzana RD MPF.

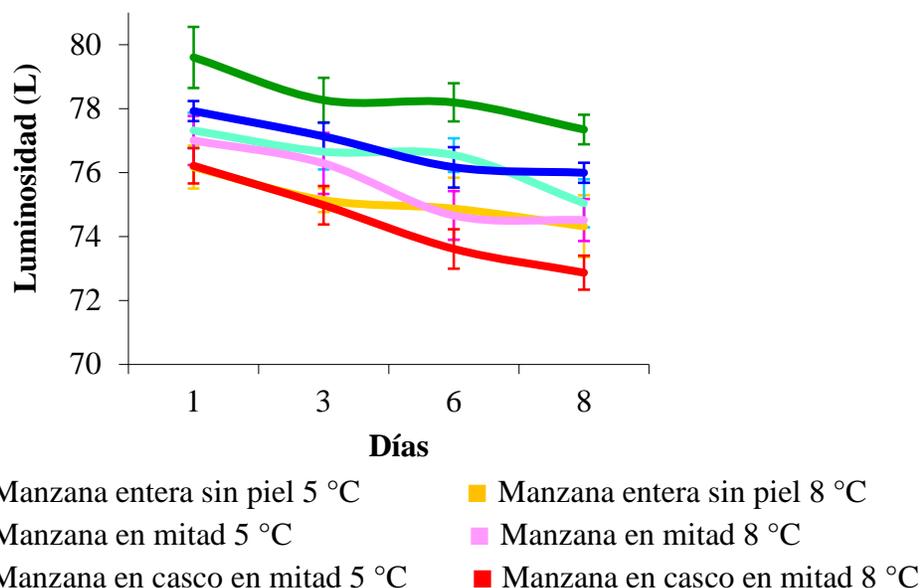


**Figura 20.** Firmeza de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=3) ± ES.

## Color

### Luminosidad (L)

Los diferentes tipos de troceado almacenados entre temperaturas de conservación presentaron diferencias significativas de luminosidad, siendo mayor a 5 que 8 °C (Apéndice II, Cuadro 3). Por otra parte, tanto a 5 como a 8 °C los distintos tratamientos mostraron una disminución paulatina de los valores de L hasta el final del período de evaluación (Figura 21). Así, la pérdida promedio de los valores de luminosidad en los distintos tipos de troceado al día 8 fue de 2,7; 3,1 y 3,5% para manzanas enteras sin piel, manzanas en mitades y cascos en mitades, respectivamente. Anteriormente, los cambios en luminosidad y las variaciones en los otros parámetros del color de los distintos tratamientos se fundamentaron y detallaron en el Sección de Color: L, C\* y H<sub>ab</sub> de manzana RD MPF.



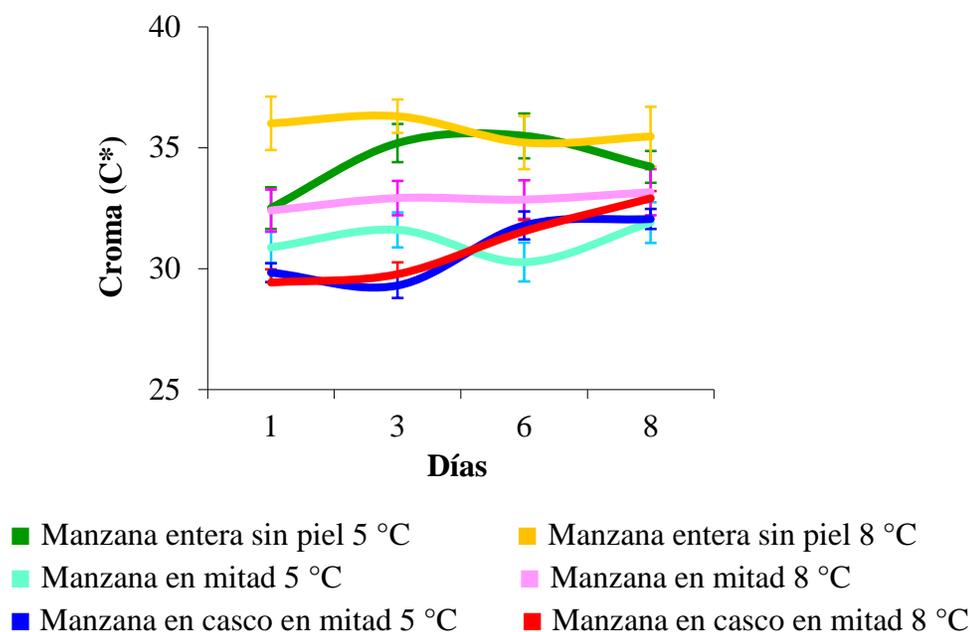
**Figura 21.** Luminosidad (L) de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=3) ± ES

### Croma (C\*)

Para el parámetro de color C\*, sólo el factor tipo de troceado produjo cambios significativos en cada día de evaluación. De esta manera, se observó que durante los 2 primeros días de evaluación hubo diferencias significativas entre los tres tipos de troceados siendo mayor los valores de C\* en manzanas enteras sin piel. El trozo con la menor relación S/V durante los 2 últimos días de evaluación presentó un C\* significativamente mayor respecto de los otros 2 tipos de troceado (Apéndice II, Cuadro 4).

Al final del período de evaluación, hubo un aumento de  $C^*$  en todos los tipos de troceado en ambas temperaturas de conservación (Figura 22). Así la intensidad del color de la pulpa se incrementó 1,4% para manzanas enteras sin piel; 2,8% para manzanas en mitades y 8,9% para manzanas en cascos en mitades.

En términos cuantitativos, el  $C^*$  del color de la pulpa de cada tratamiento varió desde 30,8 a 35,8 y, además, se vio anteriormente que estos tratamientos presentaron valores de luminosidad comprendidos entre 74,4 a 78,4. De esta forma, descriptivamente estos dos parámetros distinguen que el color de la pulpa durante el período de evaluación tuvo una percepción visual cercana al rango “claro” (Fort, 1996) (Anexo II).



**Figura 22.** Croma ( $C^*$ ) de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

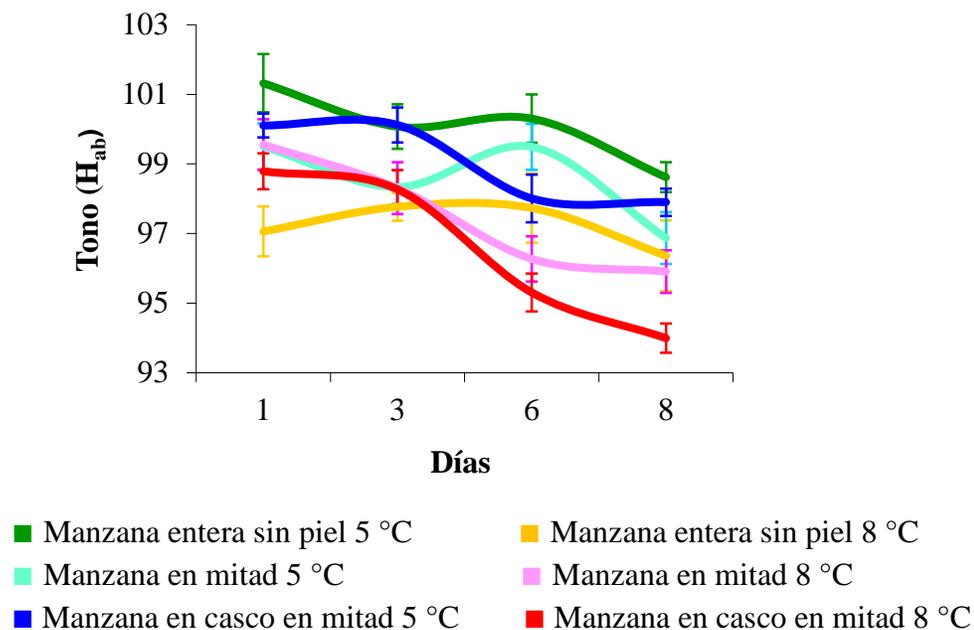
### Tono ( $H_{ab}$ )

A partir del tercer día de evaluación, el color de los diferentes tipos de troceado conservados a 5 °C se caracterizó por presentar un tono significativamente mayor, en comparación con los tipos de troceado almacenados a 8 °C (Apéndice II, Cuadro 5).

A lo largo del ensayo los valores de  $H_{ab}$  disminuyeron (Figura 23) dentro de rangos que no variaron en gran medida (101,3 a 94,0), siendo esta disminución para manzanas enteras sin piel, mitades y cascos en mitades de 1,7; 3,1 y 3,5%, respectivamente. En términos cualitativos estos rangos de  $H_{ab}$  están desde un tono “verde-amarillo” a “amarillo” (Sanz y Gallego, 2001) (Anexo III).

A través de los días de evaluación, el comportamiento de los parámetros del color para monitorear el oscurecimiento o pardeamiento de la pulpa de los distintos tratamientos fue el esperado al indicar cuantitativamente pardeamiento en este estudio. Es decir, L y el tono disminuyeron, evidenciándose durante el último día de evaluación un pardeamiento más perceptible.

La evolución del color de la pulpa de los distintos tratamientos almacenados a 5 y 8 °C durante los 8 días de evaluación se puede apreciar en la Figura 24.

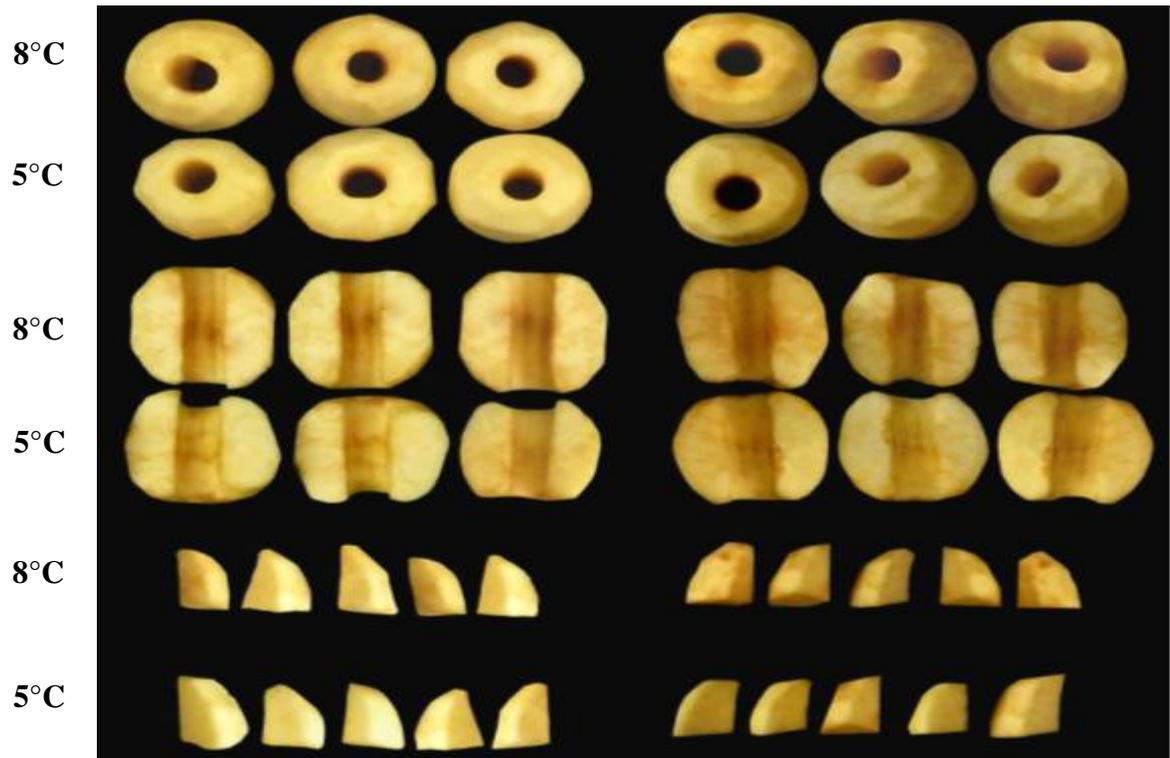


**Figura 23.** Tono ( $H_{ab}$ ) de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.



Día 1 de evaluación

Día 3 de evaluación



Día 6 de evaluación

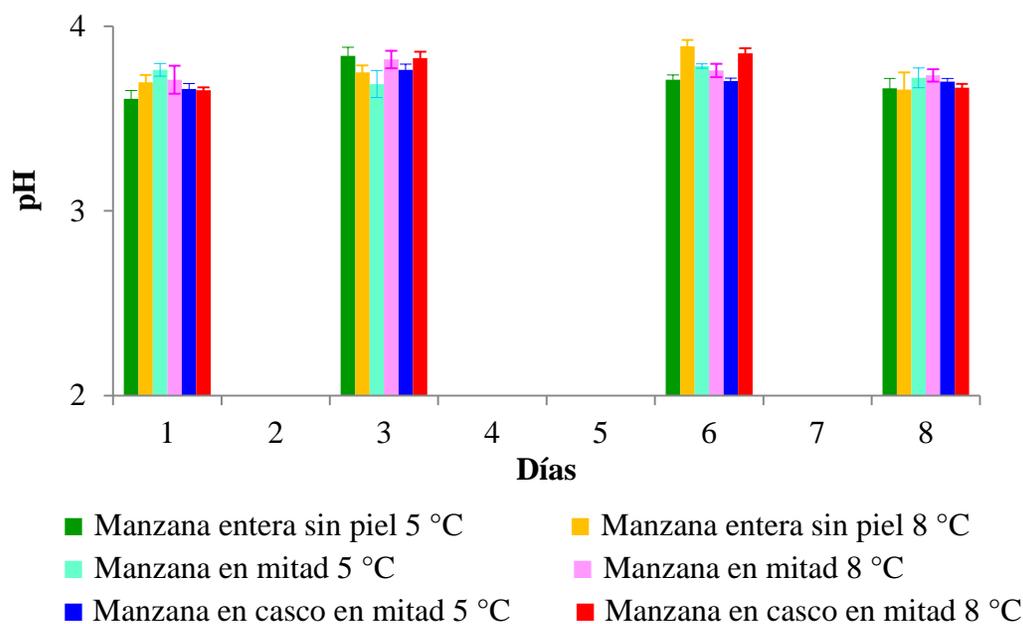
Día 8 de evaluación

— **Figura 24.** Comparación de la evolución del color de la pulpa de los distintos tratamientos almacenados durante 8 días a 5 y 8 °C.

## Determinaciones químicas

### pH

Para el parámetro del pH, los factores estudiados no ejercieron cambios significativos, excepto durante el día 6 de evaluación en que se observó diferencias significativas entre algunos tratamientos. En este día, manzanas enteras sin piel almacenadas a 8 °C tuvieron un pH significativamente mayor al pH de varios tratamientos. Mientras que los valores menores de pH se observaron simultáneamente en tratamientos con los trozos de mayor y menor S/V conservados a 5 °C. Además, manzanas en mitades mantuvieron valores similares de pH en ambas temperaturas de conservación (Apéndice II, Cuadro 6). Descriptivamente, los valores de pH de los distintos tratamientos presentaron rangos de valores con una estrecha diferencia entre el primer y último día de evaluación (3,6 a 3,7) (Figura 25). Estos cambios de pH, mayormente no fueron significativos probablemente debido al efecto de la capacidad búfer del tejido de la manzana. Esta estabilidad del pH en CP MPF puede tener varias consecuencias positivas como una baja actividad de la polifenoloxidasas en estos rangos de pH (Coseteng y Lee, 1987), y un desarrollo microbiológico reducido que permitiría la preservación de las manzanas MPF (Frazier y Westhoff, 1988). Por otro lado, también es conveniente desde el punto de vista sensorial ya que una variación en el valor del pH implicaría sin duda un cambio negativo en el sabor (Huxsoll *et al.*, 1989).

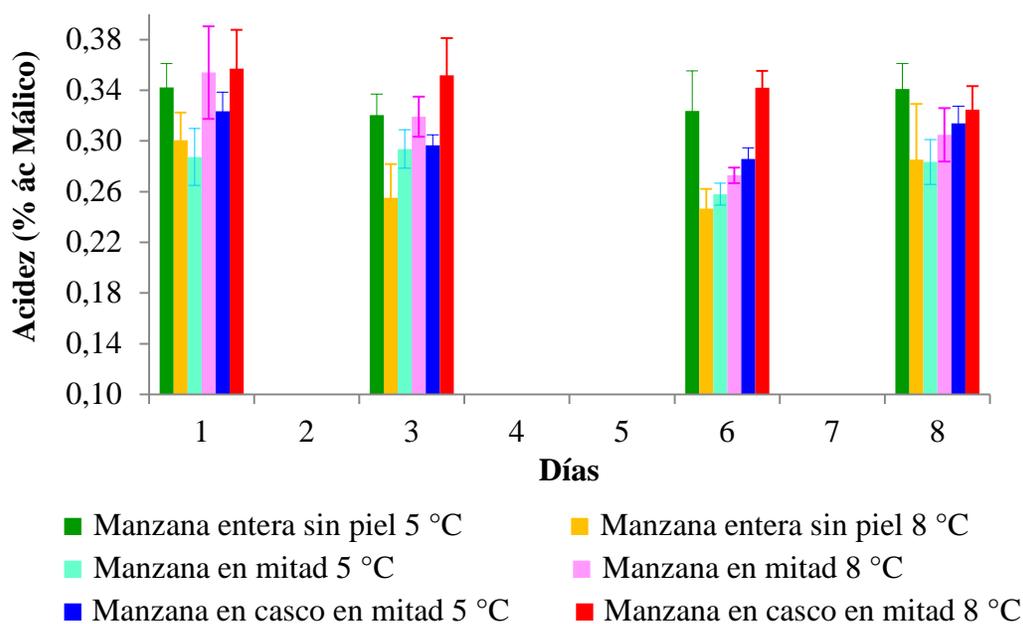


**Figura 25.** pH de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=3) ± ES.

### Acidez titulable (AT)

Durante los días 3 y 6 se produjeron diferencias significativas en los valores de AT entre tratamientos con diferente relación S/V. De esta forma, los trozos de menor tamaño a 8 °C, presentaron una AT significativamente mayor a la de los trozos de mayor tamaño tanto a 5 como a 8 °C. (Apéndice II, Cuadro 7).

En los distintos tratamientos durante el sexto día de evaluación los valores de AT, en general, tendieron a disminuir más con respecto al primer día de evaluación (Figura 26). Esta disminución podría explicarse porque durante ese día de evaluación se produjo una tasa respiratoria mayor y esto derivó en una utilización más rápida e intensa de los ácidos orgánicos (Saftner *et al.*, 2005) como se explicó anteriormente en la Sección de AT de manzana RD MPF.



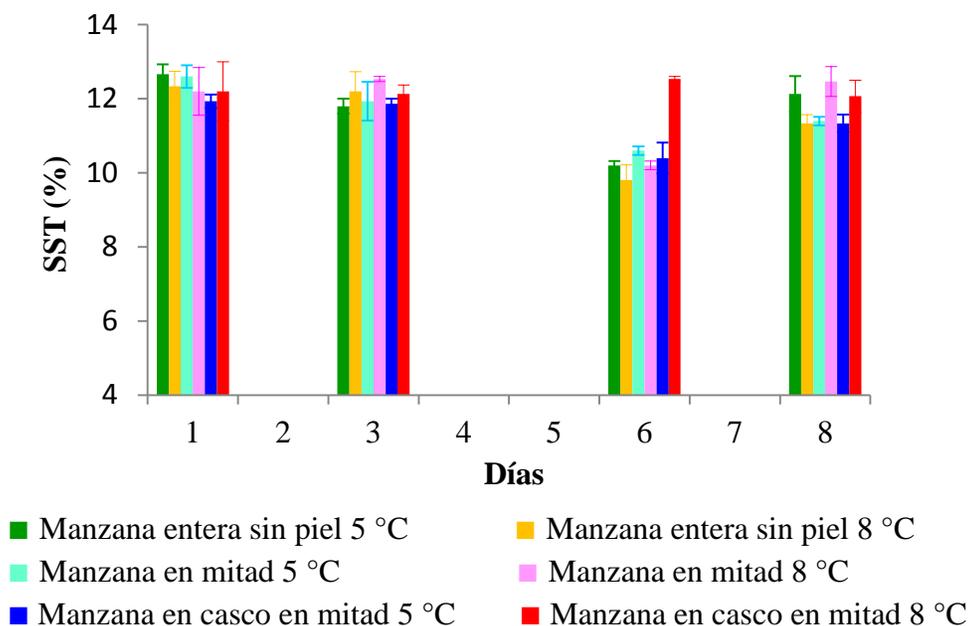
**Figura 26.** Acidez titulable (% ác. Máfico) de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media ( $n=3$ )  $\pm$  ES.

### Sólidos solubles totales (SST)

El parámetro SST presentó sólo durante el día 6 diferencias significativas entre algunos tratamientos. De esta forma, durante este día se observó que entre los tres tipos de troceado conservados a 8 °C, los cascos en mitad aumentaron significativamente los valores de SST respecto de los trozos de mayor tamaño tanto a 5 como a 8 °C (Apéndice II, Cuadro 8).

Además, los rangos de valores promedio de SST de los distintos tratamientos con respecto al día 1 (11,9 a 12,7) disminuyeron al final del ensayo (11,3 a 12,5) (Figura 27).

El comportamiento respecto de los aumentos o disminuciones en los valores de SST se fundamentó en la Sección de SST de manzana RD MPF.



**Figura 27.** Sólidos solubles totales (SST) de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=3) ± ES.

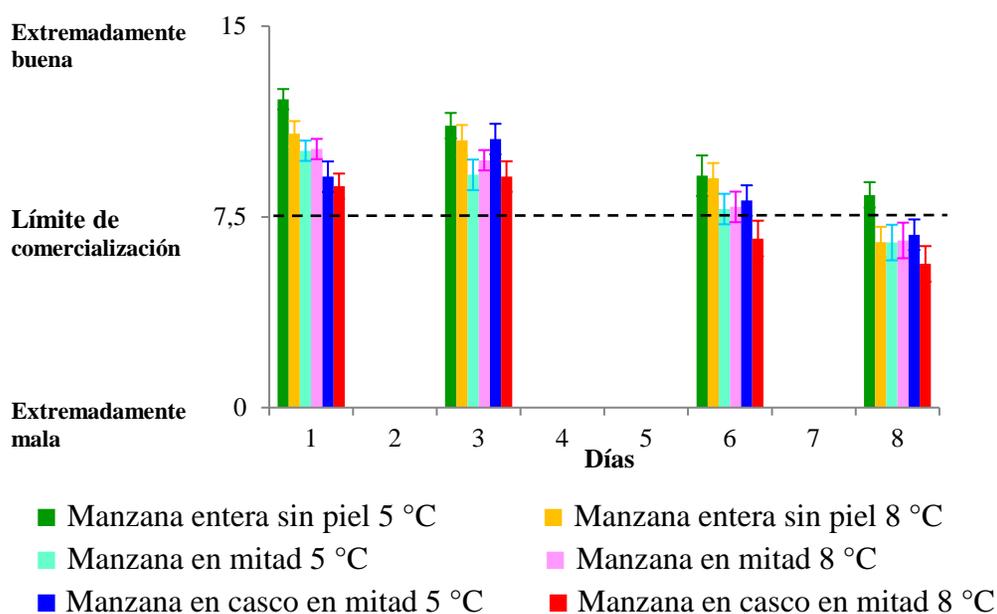
## Evaluación sensorial

### Apariencia

La apariencia de las manzanas CP MPF presentó durante tres días de evaluación (día 1, 2 y 3) diferencias significativas al analizar el tipo de troceado. En estos días se observó que manzanas enteras sin piel tuvo un mejor puntaje que mitades y rebanadas en mitades. Además, a lo largo del período de evaluación, los trozos de menor relación S/V fueron las mejores calificadas en apariencia tanto al inicio como al término del estudio (11,4; 10,1 a 7,4; 6,5, respectivamente). Contrariamente, las manzanas en rebanadas en mitades obtuvieron una calificación más baja en este parámetro de calidad (8,9 a 6,2, respectivamente). (Apéndice II, Cuadro 9).

Por otra parte, en ambas temperaturas de conservación se observó que la apariencia de los distintos tipos de troceado disminuyó durante el período de evaluación. Además, todos los tratamientos conservaron una apariencia por sobre el límite de comercialización hasta el día 6 de evaluación, excepto los cascós en mitades conservados a 8 °C que tuvieron una evaluación de 6,7 (Figura 28).

Anteriormente, la percepción e intensidad de las evaluaciones de apariencia, textura y pardeamiento de los distintos tratamientos se fundamentó y discutió en la Sección de Evaluación Sensorial de Manzana RD MPF.



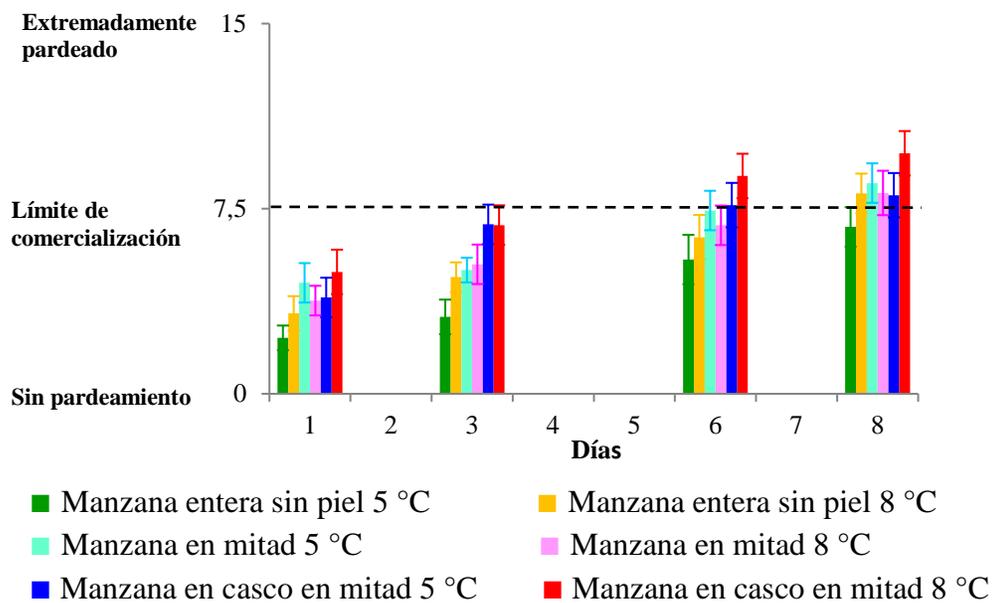
**Figura 28.** Apariencia de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=12) ± ES.

### Pardeamiento

La evaluación del pardeamiento presentó diferencias significativas al considerar el factor troceado los tres primeros de evaluación. En este período de evaluación, manzanas en cascós en mitad presentaron puntajes de pardeamiento significativamente mayores que manzanas enteras sin piel (Apéndice II, Cuadro 10).

A 8 °C, al igual que a 5 °C, se observó que el pardeamiento de los distintos tipos de troceado se incrementó a través del período de evaluación. Al respecto, hasta el sexto día de evaluación los diferentes tratamientos tuvieron una calificación de pardeamiento dentro del rango apto para la comercialización (5,4 a 7,4).

Sin embargo, sólo los cascos en mitades en ambas temperaturas de conservación tuvieron una calificación de pardeamiento sobre el límite de comercialización (7,6; 8,8, respectivamente). Al día 8 de evaluación sólo las manzanas enteras sin piel, de menor relación S/V a 5 °C se calificaron bajo el límite de comercialización (6,8) (Figura 29).



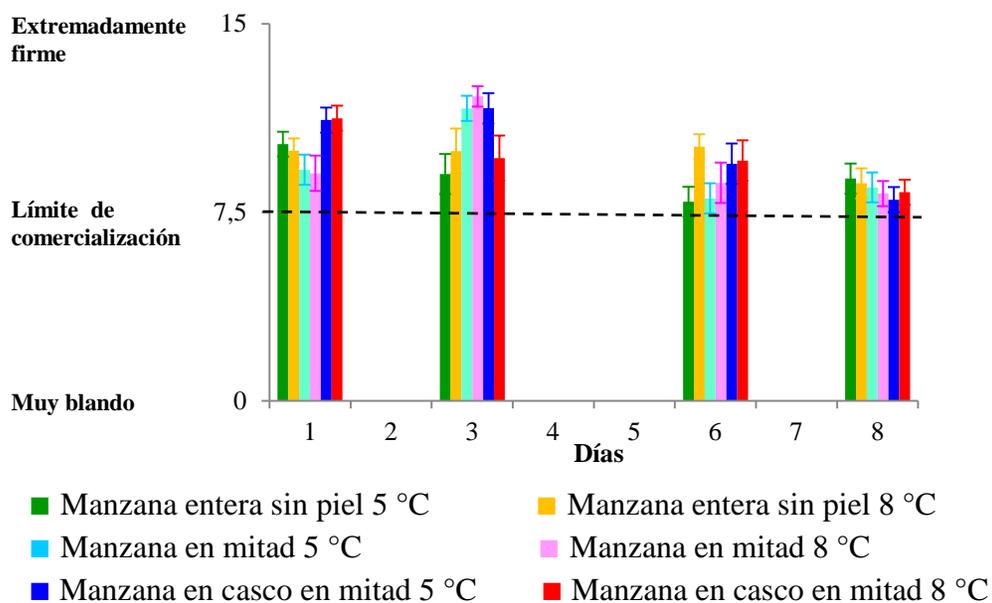
**Figura 29.** Pardeamiento de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media ( $n=12$ )  $\pm$  ES.

## Textura

La evaluación de textura de CP MPF mostró diferencias significativas entre los tipos de troceado sólo los día 1 y 3 de evaluación. En el primer día, la textura de manzanas en mitades fue significativamente menor a la de rebanadas en mitades. Durante el día tres los trozos de mayor tamaño presentaron evaluaciones de textura significativamente diferente entre sí, observándose una mayor textura en manzanas en mitades (Apéndice II, Cuadro 11).

En ambas temperaturas de conservación, la evaluación de textura disminuyó en comparación con los puntajes iniciales en cada tratamiento. Estos resultados de textura tuvieron relación con la determinación física de firmeza ya que la evolución de ésta también presentó valores que determinaron una disminución de la firmeza al término del ensayo. Además, algo destacable de las manzanas CP MPF fue que en cada día de evaluación la calificación de textura de los tratamientos estuvo sobre los 7,5 (Figura 30).

Por otra parte, en forma descriptiva los puntajes promedios de este parámetro no mostraron una tendencia clara de una mayor o menor textura a una determinada temperatura de conservación. Pero en cuanto a los promedios individuales de cada tratamiento se evidenció con frecuencia que la textura, contrariamente, fue calificada mayor a 8 °C. Además, se evidenció un aumento en los puntajes de textura en algunos tratamientos al tercer día evaluación. Esta percepción del panel de jueces entrenados podría explicarse con los fundamentos que se discutieron en la Sección de Firmeza de manzana CP MPF.



**Figura 30.** Textura de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C. Valores expresados como media (n=12) ± ES.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos utilizando la metodología establecida en esta investigación se puede concluir lo siguiente:

En manzanas Red Delicious y Cripps Pink:

- La tasa respiratoria se reduce al utilizar una menor temperatura de conservación y procesar trozos de mayor tamaño o menor relación S/V, siendo estos tratamientos manzanas enteras sin piel y mitades conservadas a 5 °C. La tasa respiratoria se incrementa en los tratamientos conservados a 8 °C y con el tipo de troceado cascos en mitades de menor tamaño o mayor relación S/V. La temperatura a 5 °C comparada a 8 °C, disminuye el estrés de corte y reduce en promedio un 36,0% en RD MPF y un 11,7% en CP MPF la emisión de CO<sub>2</sub> a través de los días de evaluación.
- Los tratamientos de trozos de mayor tamaño y almacenados a 5 °C, en general, tienen una menor pérdida de firmeza, mayor luminosidad (L) y tono (H<sub>ab</sub>) y una mejor evaluación sensorial, permitiendo una mayor calidad y vida útil de la manzana MPF en comparación con los tratamientos de trozos de menor tamaño y almacenados a 8 °C.
- Los parámetros químicos en cada tratamiento, sufren leves cambios pero significativos algunos días de evaluación pero, en general, tienden a ser estables lo cual es un aspecto positivo como fruta MPF.
- De acuerdo a la evolución de los parámetros respiratorios, físicos, químicos y sensoriales las manzanas RD MPF pueden tener una vida útil de menos de 4 días y 6 días para manzanas CP MPF. Por esta razón se hace imprescindible el uso de otros tratamientos de apoyo al frío para mejorar la calidad y prolongar la vida útil de estas variedades MPF.

## BIBLIOGRAFÍA

Agar, I.T., R. Massantini, B. Hess, A.A. Kader. 1999. Postharvest CO<sub>2</sub> and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. *Journal of Food Science* 64: 433-440.

Aguayo, E. 2003. Innovaciones tecnológicas en la conservación de melón y tomate procesado en fresco. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, España. 385p.

Aguayo, E., V. Escalona and F. Artés. 2004. Quality of fresh-cut tomato as affected by type of cut, packaging, temperature and storage time. *European Food Research and Technology* 219(5): 492-499.

Ahvenainen, R., 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Food Science and Technology* 7(6): 179-187.

AOAC. 1990. Official Methods of analysis of the Association Official Analytical Chemists. 14<sup>o</sup> Edition. Washington D.C. U.S.A. 1200p.

Aquino, E.N., M.I. Cantwell, G. Peiser and E. Mercado. 2000. Changes in the quality of fresh-cut jicama in relation to storage temperatures and controlled atmospheres. *Journal of Food Science* 65(7): 1238-1243.

Argañosa, A.C.S., M.F.J. Raposo, P.C. Teixeira and A.M. Morais. 2008. Effect of cut-type on quality of minimally processed papaya. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 2050-2060.

Artés, F., M. Castañer and M. Gil. 1998. El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. *Food Science and Technology International* 4: 377-389.

Artés, F., M.A. Conesa, S. Hernandez and M.I. Gil. 1999. Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and Technology* 17: 153-162.

Artés, F. 2000. Productos vegetales procesados en fresco. pp.127-141. *In: Lamúa, M. Aplicación del frío a los alimentos.* Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. 360p.

Artés, F. 2000a. Conservación de los productos vegetales en atmósfera modificada. pp.105-125. *In: Lamúa, M. Aplicación del frío a los alimentos.* Editorial Mundi Prensa, Madrid, España. 350p.

Artés-Hernández, F., F. Rivera and A.A. Kader. 2007. Quality retention and potential shelf life of fresh-cut lemons as affected by cut type and temperature. *Postharvest Biology and Technology* 43: 245-254.

Ayala, J.F., S.Y. Wang, C.Y. Wang, G.A. González. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 37: 687-695.

Beaulieu, J.C. and J.R. Gorny. 2001. Fresh-cut fruits. pp.1-49. *In*: Gross, K.C., M.E. Saltveit and C.Y. Wang. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Agriculture Handbooks N° 66, Washington, D.C., USA. 130p.

Biosystemes. 2002. FIZZ. Software Solutions for Sensory Analysis and Consumerest, Version 2.0, Biosystèmes, Couternon, France.

Bolin, H.R., A. Stafford Jr., A.D. King and C. Huxsoll. 1977. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. *Journal of Food Science* 42(5): 1319-1321.

Bourne, M. 2002. Food texture and viscosity: Concept and measurement. Food science and technology international series. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, San Diego, CA, USA. 416p.

Brecht, J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30: 18-22.

Brecht, J.K., K.V. Chau, S.C. Fonseca, F.A.R. Oliveira, F.M. Silva, M.C.N. Nines and R.J. Bender. 2003. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. *Postharvest Biology and Technology* 27: 87-101.

Buta, J.G., H.E. Moline, D.W. Spaulding and C.Y. Wang. 1999. Extending shelf-life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 1-6.

Cacace, J.E., P.J. Delaquis and G. Mazza. 2002. Effect of chemical inhibitors and storage temperature on the quality of fresh-cut potatoes. *Journal of Food Quality* 25: 181-195.

Calderón, B., J.A. Bartsch, C.Y. Lee and C.B. Watkins. 2005. Cultivar effects on quality of fresh cut apple slices from 1-methylcyclopropene (1-MCP)-treated apple fruit. *Journal of Food Science* 70(3): 221-227.

Cantwell, M.I. and T.S. Suslow. 2002. Postharvest handling systems: Fresh-cut fruits and vegetables. pp. 445-463. *In*: Kader, A.A. Postharvest technology of horticultural crops. Third Edition. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, Oakland, USA. 535p.

Chan, H.T. 1979. Sugar composition of papayas during fruit development. *HortScience* 14(2): 140-141.

Chu, C.L. and S.L. Wang. 2001. Effect of cutting style, low-oxygen atmosphere and cold temperature on the respiration rate of minimally processed vegetables. *Acta Horticulturae* 553: 691-692.

Cocci, E., P. Rocculi, S. Romani and M. Dalla. 2006. Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biology and Technology* 39: 265-271.

Coseteng, M.Y. and C.Y. Lee. 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science* 52: 985-989.

Espín, J.C., R. Varón, L.G. Fenoll, M.A. Gilabert, P.A. García, J. Tudela and F. García. 2000. Kinetic characterization of the substrate specificity and mechanism of mushroom tyrosinase. *European Journal of Biochemistry* 267: 1270-1279.

Espinosa, J. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos. Ed. Universitaria. Ciudad de la Habana, Cuba. 116p.

Exama, A., J. Arul, R.W. Lencki, L.Z. Lee and C. Toupin. 1993. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Journal of Food Science* 58(6): 1365-1370.

Fillion, L. and D. Kilcast. 2000. Concept and measurement of freshness of fruits and vegetables. *Leatherhead Food RA Research Reports No. 770*.

Fillion, L. and D. Kilcast. 2002. Consumer perception of crispiness and crunchiness in fruits and vegetables. *Food Quality and Preference* 13: 23-29.

Fischer, G. y O. Martínez. 1999. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana* 16(1-3): 35-39.

Fort, R. 1996. Propiedades petrofísicas: caracterización cromática de los materiales de construcción. pp. 213-226. *In: Mingarro, F. Degradación y conservación del patrimonio Arquitectónico*. Editorial Computense, Madrid, España. 504p.

Frazier, W.C. and D.C. Westhoff. 1988. *Food microbiology*. 4<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Book Company, Singapore. p. 196.

García, E. and D.M. Barrett. 2002. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. pp. 267-303. *In: Lamikanra, O. Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market*. CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA. 480p.

Gil, M.I., J.A. Martínez and F. Artés. 1996. Minimally processed pomegranate seeds. *Lebensmittel Wissenschaft und-Technologie* 29: 708-713.

- Gil, M.I., M.A. Conesa and F. Artés. 2001. Modified atmosphere packaging of fresh-cut tomato. *Acta Horticulturae* 553: 703-704.
- Gilbert, L. C. 2000. The functional food trend: What's next and what American think about eggs. *Journal of the American College of Nutrition* 19: 507-512.
- González, G.A., J.F. Ayala, S. Ruiz, E. Acedo and M.E. Díaz. 2004. Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 37(8): 817-826.
- Gorny, J.R., B. Hess and A.A. Kader. 1998. Effects of fruit ripeness and storage temperature on the deterioration rate of fresh-cut peach and nectarine slices. *HortScience* 33(1): 110-113.
- Gorny, J.R., R. Cifuentes, B. Hess and A.A. Kader. 2000. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size, and storage regime. *International Journal of Food Science & Technology* 65(3): 541-544.
- Gorris, L. and H. Peppelenbos. 1992. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. *HortTechnology* 2(3): 303-309.
- Hong, J., D.J. Mills, C.B. Coffman, J.D. Anderson, M.J. Camp and K.C. Gross. 2000. Tomato cultivation systems affect subsequent quality of fresh-cut fruit slices. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125: 729-735.
- Hu, W.Z., K. Pang, A.L. Jiang and M.X. Tian. 2007. Changes in ethylene production, respiration and polyphenol oxidase of fresh-cut apple. *Acta Horticulturae* 746: 369-374.
- Huxsoll, C.C., H.R. Bolin and A.D. King Jr. 1989. Physicochemical changes and treatments for lightly processed fruits and vegetables. pp. 203-215. *In: Jen, J.J. Quality factors of fruits and vegetables, ACS Symposium Series 405, American Chemical Society Washington, DC, USA. 393p.*
- Jackman, R.L., J. Gibson and W. Stanley. 1992. Effects of chilling on tomato fruit texture. *Physiologia Plantarum* 86: 600-608.
- Jacxsens, L., F. Devlieghere and J. Debevere. 2002. Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. *Postharvest Biology and Technology* 26: 59-73.
- Kader, A.A. 1989. Mode of action of oxygen and carbon dioxide on postharvest physiology of 'Barlett' pears. *Acta Horticulturae* 258: 161-167.

- Kader, A.A., D. Zagory and E.L. Kerbel, 1989. Modified atmosphere packing on fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42: 1542-1551.
- Kader, A.A. 2002. Methods of gas mixing, sampling, and analysis. pp. 145-148. *In*: Kader, A.A. *Postharvest technology of horticultural crops*. Third Edition. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, Oakland, USA. 535p.
- Kays, S. 2004. *Postharvest biology*. Exon Press, Athens, Georgia. 568p.
- Kim, D.M., N.L. Smith and C.Y. Lee. 1993a. Apple cultivar variations in response to heat treatment and minimal processing. *Journal of Food Science* 58(5): 1111-1114.
- Kim, D.M., N.L. Smith and C.Y. Lee. 1993b. Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. *Journal of Food Science* 58: 1115–1117.
- King, A.D. Jr and H.R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 43(2): 132–139.
- Lamikanra, R., J.C. Chen, D. Banks and P.A. Hunter. 2000. Biochemical and microbial changes during the storage of minimally processed cantaloupe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 5955-5961.
- Lana M.M., L.M.M. Tijsskens and O. Van Kooten. 2005. Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh cut tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 35(1): 87-95.
- Lee, J.Y., H. J. Park, C.Y. Lee and W.Y. Choi. 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 36: 323–329.
- Lesage, P. and M.F. Destain. 1996. Measurement of tomato firmness by using a non-destructive mechanical sensor. *Postharvest Biology and Technology* 8: 45-55.
- Liao, C.H. and J.M. Wells. 1987. Diversity of pectolytic, fluorescent pseudomonads causing soft rot of fresh vegetables at produce markets. *Phytopathology* 77: 673-677.
- López, M. y J. Moreno. 1994. IV Gama en España. *Hortofruticultura* 3: 33-35.
- Lozano, P.G., D.M. Barrett, R.E. Wrolstad and R.W. Durst. 1993. Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice. *Journal of Food Science* 58: 399-404.
- Lozano, P., R. Drudis and A. Ibarz. 1994. Enzymatic browning in apple pulps. *Journal of Food Science* 59(3): 564.

Luna, I., M. Cantwell and D.M. Barrett. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl<sub>2</sub> dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology* 17: 201-203.

Llácer, 2008. La calidad interna en los cítricos de mesa, nuevo registro de Fruitfog-I en Grecia. Infopost No 23. Disponible en: <http://www.fomesa.com/Fruitech/boletines/INFOPOST%2023.pdf>. Leído el 20 de diciembre de 2010

Madrid, M. and M. Cantwell. 1993. Use of high CO<sub>2</sub> atmosphere to maintain quality of intact and fresh-cut melon. pp. 736-745. *In: Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, NY, USA.*

Marrero, A., and A.A. Kader. 2001. Factors affecting the post-cutting life and quality of minimally processed pineapple. *Acta Horticulturae* 553: 705–706.

Martínez, M.V. and J.R. Whitaker. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science and Technology* 6: 195-200.

Mastrocola, D. and C.R. Lerici. 1991. Colorimetric measurements of enzymatic and non-enzymatic browning in apple purees. *International Journal of Food Science & Technology* 3: 219-229.

Matuschek, E. and U. Svanberg. 2005. The effect of fruits extracts with polyphenol oxidase (PPO) activity on the in vitro accessibility of iron in high-tannin sorghum. *Food Chemistry* 90: 765-771.

McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27: 1254-1255.

Monsalve, A., G.V. Barbosa, R.P. Cavalieri, A.J. McEvily and R. Iyengar. 1993. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods, 4-hexylresorcinol as anti-browning agent. *Journal of Food Science* 58: 797-800.

Mchugh, T. and E. Senesi. 2000. Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science* 65(3): 480-485.

Mencarelli, F. and M. Saltveit. 1988. Ripening of mature-green tomato fruit slices. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 113(5): 742-745.

Nunes, M.C.N., J.K. Brecha and S.A. Sargent. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology* 6: 17–28.

- O'Connor, R.E., R. Roberts, A.L. Ford and S.M Nottingham. 1994. Shelflife of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. *Journal of Food Science* 59: 1202–1206.
- Oms-Oliu, G., R. Soliva-Fortuny and O. Martin-Belloso. 2007. Respiratory rate and quality changes in fresh-cut pears as affected by superatmospheric oxygen. *Journal of Food Science* 72: 456-463.
- Osuga, D., A. Van Der Schaff and Y. Whitaker. 1994. Control of polyphenol oxidase activity using a catalytic mechanism. pp 62-88. *In: Yada, R.Y., R.L. Jackman and J.L. Smith. Protein structure-function relationships in foods. Blackie Academic & Professional Glasgow, United Kingdom. 202p.*
- Paull, R. 1999. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology and Technology* 15: 263-277.
- Perera, C.O., L. Balchin, E. Baldwin, R. Stanley and M. Tian. 2003. Effect of 1-methylcyclopropene on the quality of fresh-cut apple slices. *Journal of Food Science* 68: 1910-1914.
- Pittia, P., M.C. Nicoli, G. Comi and R. Massini. 1999. Shelf-life extension of fresh-like ready-to-use pear cubes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79(7): 955-960.
- Purvis, A.C. 1997. The role of adaptive enzymes in carbohydrates oxidation by stressed and senescing plant tissues. *HortScience* 32: 1165-1168.
- Qi, L., T. Wu and A.E. Watada. 1999. Quality changes of fresh-cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. *Journal of Food Quality* 22: 513-521.
- Quiles, A., I. Hernando, I. Pérez, V. Larrea, E. Llorca and M.A. Lluch. 2005. Polyphenoloxidase (PPO) activity and osmotic dehydration in “Granny Smith” apple. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85(6): 1017–1020.
- Ragaert, P., W. Verbeke, F. Devlieghere and J. Debevere. 2004. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Quality and Preference* 15: 259-270.
- Reid, M.S. and M. Serek. 1999. Modified atmosphere packaging. pp. 33-38. *In: Guide to food transport controlled atmosphere. Mercantila Publishers, Copenhagen, Denmark. 153p.*
- Rivera, J., F.A.Vazquez, J.F. Ayala, R.R. Sotelo and G.A. González. 2005. Cutting shape and storage temperature affect overall quality of fresh-cut papaya cv. ‘Maradol’. *Journal of Food Science* 70(7): 482-489.

Rocculi, P., S. Romani and M. Dalla. 2004. Evaluation of physicochemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. *Food Research International* 37: 329-335.

Rocha, M. and A. Morais. 2003. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes. *Food Control* 14(1): 13-20.

Rojas, M. 2006. Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida, Escuela Técnica Superior de ingeniería Agraria, Departamento de Tecnología de Alimentos. Lleida, España. 310p.

Rolle, R.S., and G.W. Chism. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality* 10: 157-177.

Rosa, O.O. e E.P. Carvalho. 2000. Características microbiológicas de frutos e hortaliças minimamente processados. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos* 34(2): 84-92.

Ryugo, K. 1993. *Fruticultura: ciencia y arte*. AGT Editor, Ciudad de México, México. 460p.

Saavedra, J., F. Fumi, L. Sichmann, E. Ortega, A. Jacomino and R. Kluge. 2006. Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology* 40(2): 149-154.

Saftner, R.A., J. Abbott, A.A. Bhagwat and B. Vinyard. 2005. Quality measurement of intact and fresh-cut slices of Fuji, Granny Smith, Pink Lady, and GoldRush apples. *Journal of Food Science* 70(5): 317-324.

Saladié, M., A.J. Matas, T. Isaacson, M.A. Jenks, S.M. Goodwin, K.J. Niklas, R. Xiaolin, J.M. Labavitch, K.A. Shackel, A.R. Fernie, A. Lytovchenko, M.A. O'Neill, C.B. Watkins and J.K.C. Rose. 2007. A re-evaluation of the key factors that influence tomato fruit softening and integrity. *Plant Physiology* 144: 1012-1028.

Saltveit, M. 1997. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. pp. 205-220. *In: Tomás-Barberán, F.A. and R. Robins. Phytochemistry of fruits and vegetables*. Oxford University Press, London, UK. 392p.

Sánchez, M.T. 2008. Refrigeration for preserving quality and safety of fresh-cut produce. II European Short Course. Quality & innovation of the fresh-cut produce. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/ifapa/freshcut/resources/docs/ponencias/12.pdf>. Leído el 15 de marzo de 2009

- Sanz, J.C. y R. Gallego. 2001. Diccionario Akal del color. Editorial Akal, Madrid, España. 1042p.
- Sapers, G.M., and F.W. Douglas Jr. 1987. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits. *Journal of Food Science* 52: 1258-1285.
- Sapers, G.M., 1993. Browning of foods: control by sulfites, antioxidants and other means. *Food Technology* 47: 75-84.
- Shackel, K.A., C. Greve, J.M. Labavitch, H. Ahmadi. 1991. Cell turgor changes associated with ripening in tomato pericarp tissue. *Plant Physiology* 97: 814-816.
- Soliva, R.C., N. Grigelmo, I. Odriozola, S. Gorinstein and O. Martín. 2001. Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(8): 3685-3690.
- Soliva, R.C. and O. Martín. 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Food Science and Technology* 14: 341-353.
- Szczesniak, A.S. 1998. The meaning of textural characteristics of crispiness. *Journal of Texture Studies* 19: 51-59.
- Teixeira, G.H.A., J.F. Durigan, B. Mattiuz e O.D. Rossi. 2001. Processamento mínimo de mamão "Formosa". *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 21(1): 47-50.
- Toivonen, P.M.A. and D.A. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48(1): 1-14.
- Varoquaux, P. and R. Wiley. 1994. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. pp. 226-268. *In: Wiley, R. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Chapman & Hall Inc. New York, USA. 368p.*
- Voss, D. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. *HortScience* 27: 1256-1260.
- Watada, A.E., K. Abe and N. Yamuchi. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology* 44: 116-122.
- Watada, A.E. and L. Qi. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 15: 201-205.
- Wiley, R. C. 1994. Pp. 66-134. Preservation methods for minimally processed refrigerated fruits and vegetables. *In: Wiley, R.C. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Springer-Verlag, New York, USA. 388p.*

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham, and D. Joyce. 1998. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. Pp. 33-59. 4<sup>th</sup> ed. CAB International, New York, USA. 262p.

Whitaker, R. 1995. Polyphenol oxidase. pp.271-307. *In*: Wong, D.W.S. Food enzymes: structure and mechanism. Chapman & Hall Inc., New York, USA. 390p.

Willocx, F. 1995. Evolution of microbial and visual quality of minimally processed foods: a case study on the product life cycle of cut endive. PhD thesis, Catholic University of Leuven, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences. Leuven, Belgium. 228p.

Wu, T. and J.A. Abbott. 2002. Firmness and force relaxation characteristics of tomatoes stored intact or as slices. *Postharvest Biology and Technology* 24: 59-68.

Xuetong, F., B.A. Niemera, J. P. Mattheis, H. Zhuang, and D.W. Olson. 2005. Quality of fresh-cut apple slices as affected by low-dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment. *Journal of Food Science* 70(2): 143-148.

Yildiz, F. 1997. Preparación inicial, manipulación y distribución de frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. pp. 15-64. *In*: Wiley, R. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Editorial Acirbia, Zaragoza, España. 362p.

Zagory, D. and W. C. Hurst. 1996. Food safety guidelines for the fresh-cut industry. Third Edition. International Fresh-cut Produce Association (IFPA), Alexandria, Virginia, USA. 125p.

Zhang, X. 2007. New approaches on improving the quality and safety of fresh cut fruits and vegetables. *Acta Horticulturae* 746: 97-102.

Zoffoli, G. J. P. y N. Gaudlitz R. 2004. Desórdenes fisiológicos de postcosecha en frutos, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Portal online. Disponible en: [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/agronomia/desorden\\_fruta/html/fichas/manzana/f\\_manz.html](http://www7.uc.cl/sw_educ/agronomia/desorden_fruta/html/fichas/manzana/f_manz.html) Leído el 15 de febrero de 2012

## ANEXO I

Pauta de evaluación de calidad de panel de jueces entrenados.

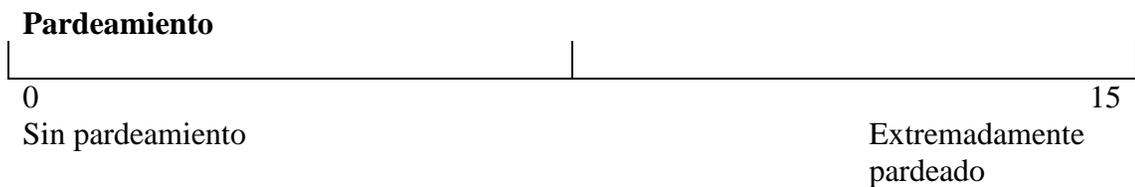
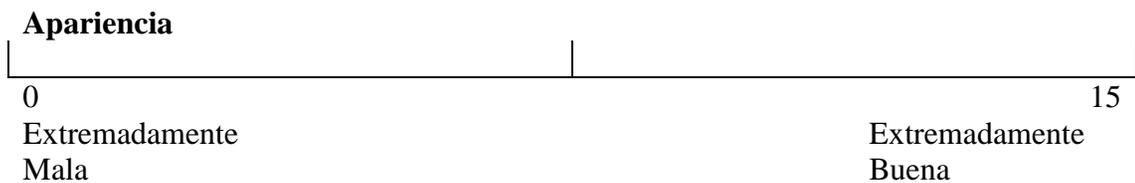
Nombre:.....Fecha:.....

Instrucciones:

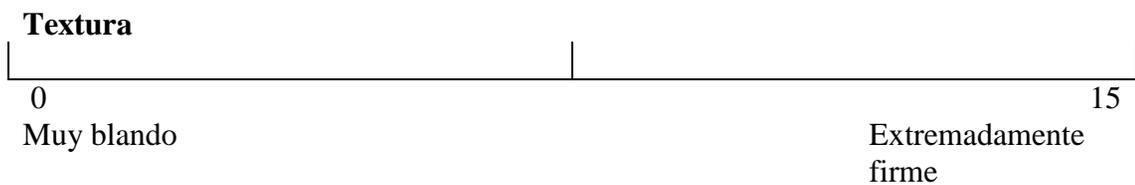
Por favor, indique con una línea vertical la intensidad de su sensación para cada una de ellas.

Muestra N° \_\_\_\_

### Aspecto visual



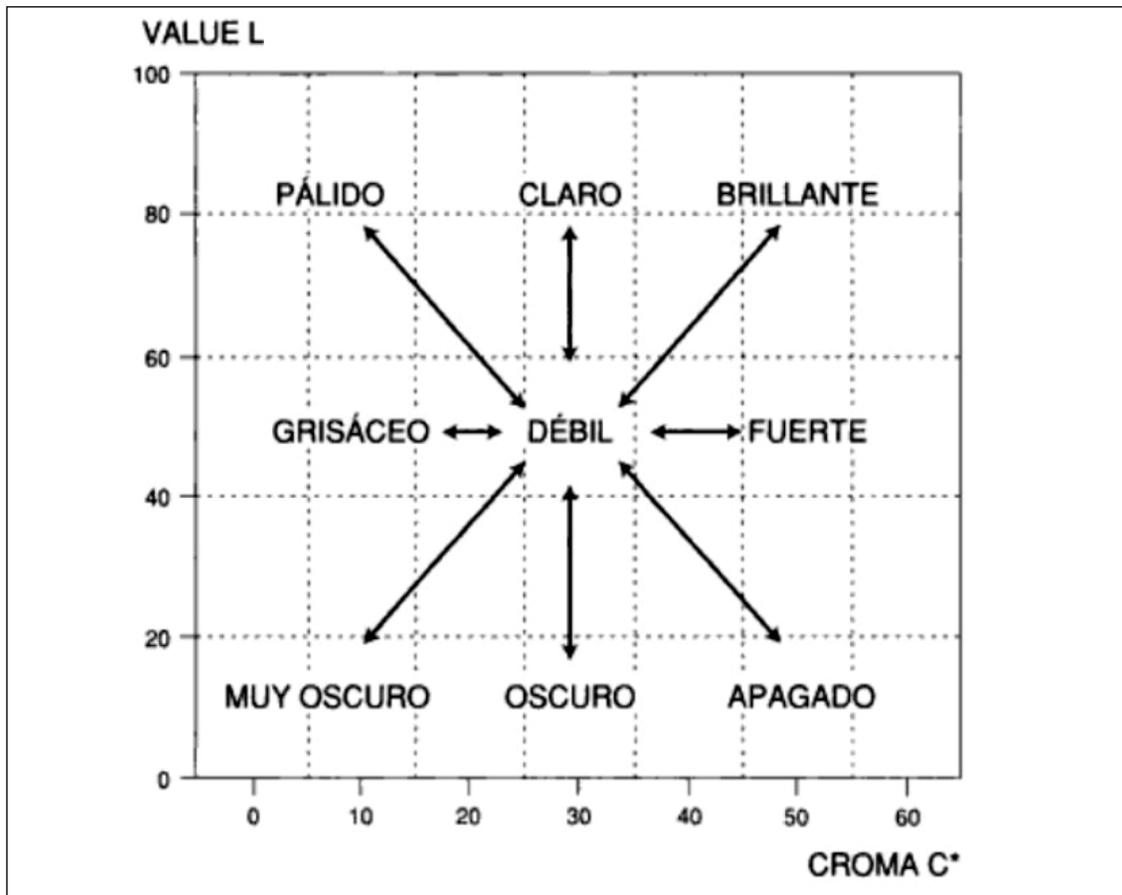
### Aspecto gustativo



Comentarios: \_\_\_\_\_

## ANEXO II

Gráfica de los términos descriptivos para el color de acuerdo a la variación de los valores de los parámetros croma ( $C^*$ )<sup>Z</sup> y Luminosidad (L) (Fort, 1996).

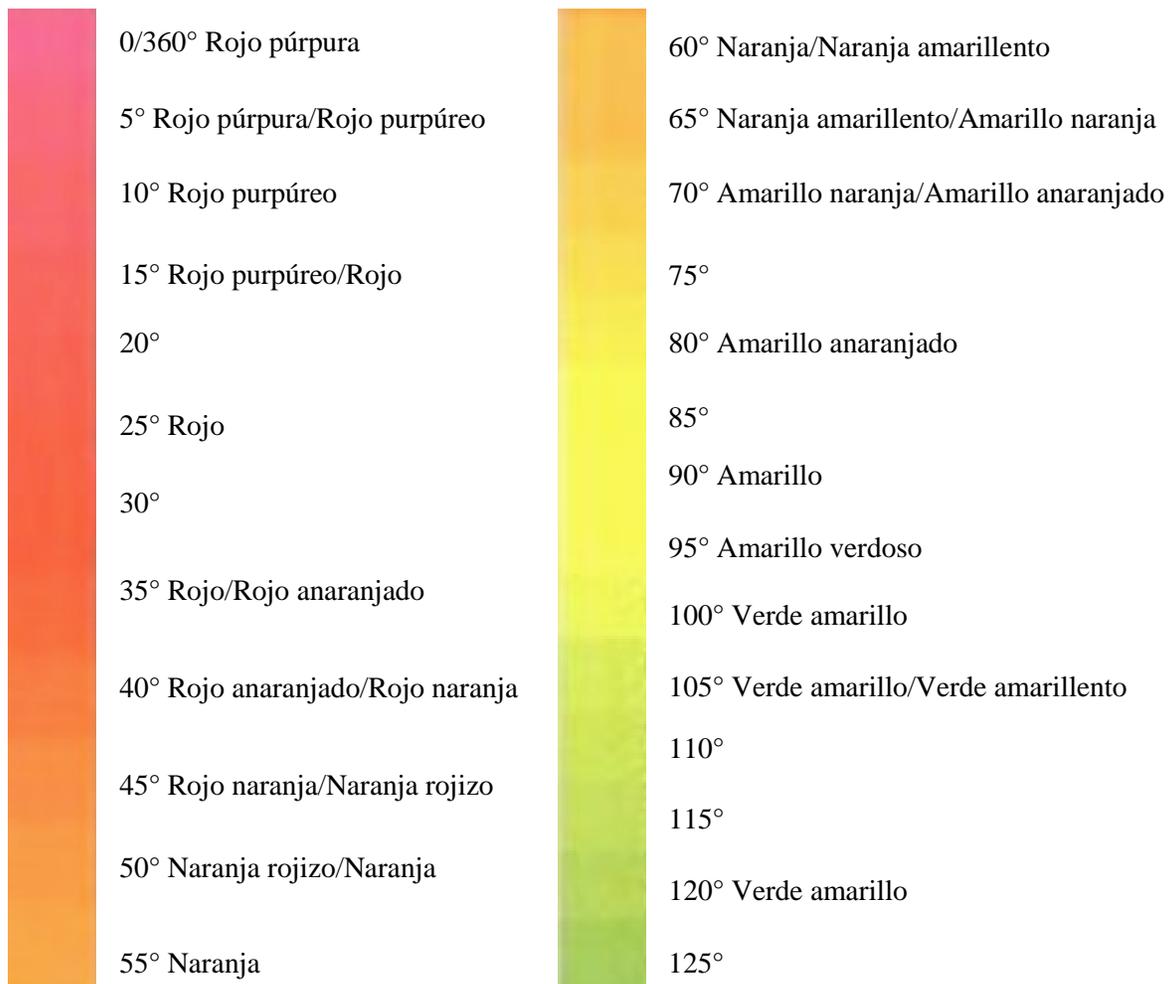


<sup>Z</sup> Términos descriptivos para el color de acuerdo al rango de valores de  $C^*$  y L:

- L: 80-100 y  $C^*$ :0-15: pálido
- L: 80-100 y  $C^*$ :15-40: claro
- L: 80-100 y  $C^*$ : 40-60: brillante
- L: 0-20 y  $C^*$ :0-15: muy oscuro
- L: 0-20 y  $C^*$ :15-40: oscuro
- L: 0-20 y  $C^*$ :40-60: apagado
- L: 20-80 y  $C^*$ : 0-20: grisáceo
- L: 35-65 y  $C^*$ :25-35: débil
- L: 20-80 y  $C^*$ :45-60: fuerte

## ANEXO III

Especificación de los niveles del tono del diccionario Akal del color (Sanz y Gallego, 2001).





## APÉNDICE I

**Cuadro 1.** Tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C <sup>(1)(2)</sup>.

	Tiempo de almacenamiento (días)						
	0	1	2	3	4	5	6
<b>Tipo Troceado (TT)</b>							
Enteras sin piel	8,7±0,6 b <sup>Y</sup>	12,0±1,0 c	14,4±1,1 b	19,8±3,2 b	17,4±2,9 b	16,2±3,1 b	19,4±3,6 b
Mitades	8,1±0,7 b	13,4±0,8 b	16,5±0,5 b	20,6±3,9 b	17,9±1,8 b	15,7±2,5 b	21,6±2,3 b
Cascos en mitad	16,1±1,4 a	16,8±2,1 a	20,8±1,2 a	33,6±7,2 a	28,0±3,8 a	29,1±6,6 a	36,9±5,9 a
<b>Temperatura (T)</b>							
5° C	9,6±1,5 b	11,8±0,5	16,4±1,3	17,1±1,3 b	16,8±1,7 b	14,0±1,3 b	19,2±2,6 b
8° C	12,4±1,9 a	16,3±1,3	18,1±1,4	32,2±4,8 a	25,4±3,1a	26,7±4,6 a	32,7±4,5 a
<b>Interacción (TT*T)</b>							
Enteras sin piel 5 °C	7,8±0,2	10,3±0,1	12,7±0,9	16,0±0,5	13,6±0,3	12,5±0,7	13,2±0,8
Enteras sin piel 8 °C	9,7±0,5	13,7±0,1	16,2±0,1	23,6±5,6	21,3±4,7	19,9±5,3	25,6±0,6
Mitades 5 °C	7,0±0,4	12,1±0,2	17,2±0,5	14,3±0,1	15,0±0,9	11,5±0,0	17,6±1,0
Mitades 8 °C	9,2±0,5	14,7±0,6	15,7±0,3	26,9±3,4	20,9±0,0	19,9±0,7	25,6±0,4
Cascos en mitad 5 °C	14,0±1,7	13,1±0,3	19,2±0,4	21,1±1,0	21,9±1,1	17,8±0,5	26,9±2,2
Cascos en mitad 8 °C	18,2±0,6	20,4±0,0	22,4±1,9	46,0±1,6	34,0±3,3	40,4±2,6	47,0±0,1
<b>Nivel de Significancia</b>							
<b>TT</b>	***	***	***	**	**	**	****
<b>T</b>	**	NS	NS	***	**	***	****
<b>TT*T</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para  $P < 0,05$ ; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media  $\pm$  error estándar.

**Cuadro 2.** Firmeza (kg-f)<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C.

	Tiempo de almacenamiento (días)		
	1	4	6
<b>Tipo Troceado (TT)</b>			
Enteras sin piel	2,6±0,1 a <sup>Y</sup>	2,1±0,1 a	2,0±0,1 a
Mitades	2,6±0,0 a	2,1±0,1 a	1,9±0,1 a
Cascos en mitad	2,4±0,0 b	1,7±0,1 b	1,5±0,1 b
<b>Temperatura (T)</b>			
5° C	2,5±0,0	2,1±0,1 a	1,9±0,1 a
8° C	2,5±0,0	1,8±0,1 b	1,7±0,1 b
<b>Interacción (TT×T)</b>			
Enteras sin piel 5 °C	2,6±0,1	2,2±0,1	2,1±0,1
Enteras sin piel 8 °C	2,5±0,0	2,0±0,1	1,9±0,1
Mitades 5 °C	2,6±0,1	2,2±0,0	2,0±0,2
Mitades 8 °C	2,6±0,0	2,0±0,1	1,7±0,1
Cascos en mitad 5 °C	2,4±0,1	1,8±0,1	1,7±0,1
Cascos en mitad 8 °C	2,4±0,0	1,5±0,1	1,4±0,0
<b>Nivel de Significancia</b>			
<b>TT</b>	*	***	**
<b>T</b>	NS	**	*
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 3.** Luminosidad (L)<sup>Z</sup> del color de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 7 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	73,5±0,5 <sup>Y</sup>	71,9±1,1	70,1±1,4	69,3±1,5
Mitades	74,4±0,7	73,1±0,3	72,3±0,6	71,4±0,7
Cascos en mitad	72,9±0,4	71,0±0,5	69,8±0,5	67,9±1,1
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	74,0±0,3	72,7±0,7	71,8±0,6	70,8±1,1 a
8 °C	73,2±0,6	71,3±0,5	69,7±0,9	68,3±0,7 b
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	74,1±0,5	73,3±1,8	72,2±0,7	71,9±2,0
Enteras sin piel 8 °C	72,9±0,8	70,5±0,9	68,0±2,3	66,8±0,6
Mitades 5 °C	74,4±0,8	73,2±0,7	72,7±1,2	72,2±1,3
Mitades 8 °C	74,3±1,5	73,0±0,3	71,9±0,1	70,6±0,7
Cascos en mitad 5 °C	73,5±0,5	71,6±0,9	70,3±1,1	68,3±1,9
Cascos en mitad 8 °C	72,3±0,6	70,4±0,3	69,2±0,2	67,5±1,2
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	NS	NS	NS	NS
<b>T</b>	NS	NS	NS	*
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 4.** Croma (C\*)<sup>Z</sup> del color de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 7 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	34,2±0,9	36,6±1,5	38,0±1,5 a <sup>Y</sup>	37,9±1,5
Mitades	32,7±0,7	33,9±0,8	33,0±0,5 b	35,9±0,8
Cascos en mitad	34,4±0,8	36,2±0,8	35,5±0,5 ab	37,5±0,9
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	33,8±0,4	35,0±0,5	34,7±0,7	36,9±1,1
8 °C	33,7±0,9	36,2±1,2	36,3±1,2	37,3±0,7
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	34,5±0,2	34,4±1,0	35,6±1,4	36,8±2,8
Enteras sin piel 8 °C	33,9±2,0	38,8±2,4	40,3±1,8	39,0±1,4
Mitades 5 °C	33,6±1,3	35,0±1,1	32,5±0,7	34,6±0,6
Mitades 8 °C	31,8±0,5	32,8±0,6	33,6±0,5	37,1±1,2
Cascos en mitad 5 °C	33,4±0,4	35,5±0,8	35,9±0,6	39,1±1,2
Cascos en mitad 8 °C	35,5±1,3	37,0±1,3	35,1±0,9	35,8±0,4
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	NS	NS	**	NS
<b>T</b>	NS	NS	NS	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS

Y. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 5.** Tono ( $H_{ab}$ )<sup>Z</sup> del color de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 7 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	92,0±0,5 a <sup>Y</sup>	88,6±0,9	88,1±1,7	88,3±1,0
Mitades	90,3±0,7 ab	89,0±0,3	89,0±0,4	87,8±0,5
Cascos en mitad	88,7±0,3 b	88,7±0,5	88,0±0,5	87,4±0,4
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	89,7±0,5 b	89,0±0,6	89,4±0,6	88,3±0,7
8 °C	91,0±0,7 a	88,6±0,3	87,4±1,0	87,4±0,4
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	91,3±0,6	88,7±1,8	90,2±1,5	89,5±1,7
Enteras sin piel 8 °C	92,7±0,6	88,6±0,7	86,0±2,9	87,1±0,6
Mitades 5 °C	89,3±0,9	89,2±0,6	89,1±0,7	88,1±0,7
Mitades 8 °C	91,4±0,8	88,8±0,4	88,9±0,6	87,6±0,8
Cascos en mitad 5 °C	88,7±0,5	89,1±0,9	88,7±0,7	87,2±0,7
Cascos en mitad 8 °C	88,8±0,6	88,3±0,3	87,2±0,3	87,6±0,6
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	**	NS	NS	NS
<b>T</b>	*	NS	NS	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 6.** pH<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C <sup>(1) (2)</sup>.

	Tiempo de almacenamiento (días)		
	1	4	6
<b>Tipo Troceado (TT)</b>			
Enteras sin piel	4,3±0,0	4,3±0,0	4,3±0,0
Mitades	4,3±0,1	4,3±0,0	4,2±0,1
Cascos en mitad	4,3±0,0	4,2±0,0	4,0±0,1
<b>Temperatura (T)</b>			
5 °C	4,3±0,0	4,2±0,0	4,2±0,0
8 °C	4,3±0,0	4,3±0,0	4,1±0,1
<b>Interacción (TT×T)</b>			
Enteras sin piel 5 °C	4,3±0,0 b <sup>Y</sup>	4,2±0,0 b	4,3±0,0 ab
Enteras sin piel 8 °C	4,3±0,0 ab	4,3±0,0 a	4,3±0,0 ab
Mitades 5 °C	4,4±0,0 a	4,3±0,0 a	4,3±0,0 a
Mitades 8 °C	4,2±0,0 b	4,3±0,0 a	4,1±0,0 bc
Cascos en mitad 5 °C	4,3±0,0 ab	4,2±0,0 b	4,1±0,0 bc
Cascos en mitad 8 °C	4,3±0,0 b	4,1±0,0 c	3,9±0,0 c
<b>Nivel de Significancia</b>			
<b>TT</b>	NS	****	***
<b>T</b>	*	NS	**
<b>TT*T</b>	**	****	*

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 7.** Acidez titulable (% ácido Málico)<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>		
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>			
Enteras sin piel	0,20±0,0	0,19±0,0	0,13±0,0
Mitades	0,17±0,0	0,19±0,0	0,17±0,0
Cascos en mitad	0,16±0,0	0,17±0,0	0,17±0,0
<b>Temperatura (T)</b>			
5 °C	0,18±0,0	0,19±0,0	0,16±0,0
8 °C	0,18±0,0	0,17±0,0	0,16±0,0
<b>Interacción (TT×T)</b>			
Enteras sin piel 5 °C	0,22±0,0 a <sup>Y</sup>	0,21±0,0 a	0,15±0,0 c
Enteras sin piel 8 °C	0,17±0,0 bc	0,17±0,0 cd	0,12±0,0 d
Mitades 5 °C	0,15±0,0 e	0,20±0,0 ab	0,17±0,0 b
Mitades 8 °C	0,19±0,0 ab	0,17±0,0 cd	0,17±0,0 b
Cascos en mitad 5 °C	0,16±0,0 de	0,16±0,0 d	0,15±0,0 c
Cascos en mitad 8 °C	0,17±0,0 cd	0,18±0,0 bc	0,20±0,0 a
<b>Nivel de Significancia</b>			
<b>TT</b>	***	**	****
<b>T</b>	*	**	NS
<b>TT*T</b>	****	****	****

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 8.** Sólidos solubles totales (%)<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>		
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>			
Enteras sin piel	12,7±0,4 ab <sup>Y</sup>	13,6±0,2	13,3±0,1 a
Mitades	12,0±0,0 b	13,1±0,0	13,1±0,0 ab
Cascos en mitad	13,3±0,1 a	13,1±0,2	13,0±0,1 b
<b>Temperatura (T)</b>			
5 °C	12,9±0,3	13,3±0,2	13,2±0,1
8 °C	12,4±0,3	13,2±0,1	13,0±0,1
<b>Interacción (TT×T)</b>			
Enteras sin piel 5 °C	13,3±0,1	13,9±0,1	13,4±0,0
Enteras sin piel 8 °C	12,0±0,0	13,3±0,1	13,2±0,0
Mitades 5 °C	12,0±0,0	13,1±0,1	13,0±0,0
Mitades 8 °C	11,9±0,1	13,0±0,0	13,1±0,1
Cascos en mitad 5 °C	13,3±0,1	12,9±0,1	13,2±0,2
Cascos en mitad 8 °C	13,2±0,2	13,3±0,5	12,8±0,0
<b>Nivel de Significancia</b>			
<b>TT</b>	*	NS	*
<b>T</b>	NS	NS	NS
<b>TT*T</b>	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple.

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 9.** Evaluación sensorial de la apariencia<sup>Z</sup> de los distintos tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>		
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>			
Enteras sin piel	8,9±0,3 a <sup>Y</sup>	7,5±0,3 a	6,4±0,3 a
Mitades	9,1±0,3 a	7,5±0,4 a	6,4±0,4 a
Cascos en mitad	7,6±0,4 b	5,8±0,5 b	4,8±0,5 b
<b>Temperatura (T)</b>			
5 °C	8,7±0,3	7,5±0,4 a	6,3±0,3
8 °C	8,3±0,3	6,4±0,3 b	5,4±0,3
<b>Interacción (TT×T)</b>			
Enteras sin piel 5 °C	9,0±0,5	8,1±0,4	6,8±0,3
Enteras sin piel 8 °C	8,8±0,5	6,9±0,4	6,1±0,5
Mitades 5 °C	9,4±0,4	8,6±0,4	6,6±0,6
Mitades 8 °C	8,8±0,6	6,5±0,5	6,7±0,4
Cascos en mitad 5 °C	7,8±0,6	5,8±0,7	5,5±0,7
Cascos en mitad 8 °C	7,4±0,5	5,8±0,6	4,2±0,7
<b>Nivel de Significancia</b>			
<b>TT</b>	*	**	**
<b>T</b>	NS	**	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 10.** Evaluación sensorial del pardeamiento<sup>Z</sup> de los distintos tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>		
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>			
Enteras sin piel	6,5±0,4 b <sup>Y</sup>	8,8±0,3 ab	8,5±0,4
Mitades	6,6±0,4 ab	8,3±0,5 b	9,3±0,5
Cascos en mitad	8,0±0,4 a	10,0±0,5 a	9,6±0,6
<b>Temperatura (T)</b>			
5 °C	6,8±0,4	8,4±0,4 b	8,8±0,5
8 °C	7,3±0,4	9,7±0,3 a	9,4±0,4
<b>Interacción (TT×T)</b>			
Enteras sin piel 5 °C	6,2±0,7	8,3±0,5	8,2±0,6
Enteras sin piel 8 °C	6,8±0,6	9,4±0,4	8,7±0,6
Mitades 5 °C	6,3±0,6	7,1±0,9	8,6±0,8
Mitades 8 °C	7,0±0,6	9,6±0,4	9,9±0,4
Cascos en mitad 5 °C	8,0±0,6	9,9±0,7	9,7±1,0
Cascos en mitad 8 °C	8,0±0,6	10,0±0,6	9,5±0,9
<b>Nivel de Significancia</b>			
<b>TT</b>	*	*	NS
<b>T</b>	NS	*	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 11.** Evaluación sensorial de la textura<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Red Delicious MPF almacenados 6 días a 5 y 8 °C <sup>(1)(2)</sup>.

	Tiempo de almacenamiento (días)	
	1	4
<b>Tipo Troceado (TT)</b>		
Enteras sin piel	7,4±0,6	5,2±0,5
Mitades	8,0±0,6	6,2±0,5
Cascos en mitad	5,9±0,5	5,0±0,4
<b>Temperatura (T)</b>		
5 °C	8,4±0,4	6,2±0,3 a <sup>Y</sup>
8 °C	5,8±0,4	4,7±0,5 b
<b>Interacción (TT×T)</b>		
Enteras sin piel 5 °C	9,5±0,5 a	6,6±0,6
Enteras sin piel 8 °C	5,4±0,8 b	3,9±0,7
Mitades 5 °C	9,8±0,5 a	6,6±0,5
Mitades 8 °C	6,7±0,8 b	5,8±1,0
Cascos en mitad 5 °C	6,0±0,7 b	5,4±0,5
Cascos en mitad 8 °C	5,9±0,6 b	4,5±0,8
<b>Nivel de Significancia</b>		
<b>TT</b>	**	NS
<b>T</b>	****	*
<b>TT×T</b>	**	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

## APÉNDICE II

**Cuadro 1.** Tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 9 días a 5 y 8 °C.

	Tiempo de almacenamiento (días)							
	0	1	2	3	6	7	8	9
<b>Tipo Troceado (TT)</b>								
Enteras sin piel	20,0±1,2 b <sup>Y</sup>	21,5±0,8	17,0±1,4 b	18,5±1,1 b	33,9±0,6	23,9±1,6 b	27,6±1,0 b	27,8±0,5 b
Mitades	21,2±0,4 b	21,3±1,6	20,7±2,5 b	23,0±2,6ab	38,5±2,5	26,1±1,7 b	30,4±1,8 b	34,9±2,2 b
Cascos en mitad	24,3±1,7 a	25,5±1,8	27,1±2,9 a	28,3±3,7 a	41,7±3,9	42,1±4,4 a	46,4±1,4 a	50,0±0,5 a
<b>Temperatura (T)</b>								
5° C	20,3±0,8 b	21,1±0,9 b	17,8±1,4 b	19,8±1,0	35,5±1,6	26,5±2,6 b	36,6±3,8	38,5±4,1
8° C	23,3±1,2 a	24,4±1,4 a	25,4±2,5 a	26,7±3,0	40,6±2,7	34,8±4,8 a	33,0±3,8	36,6±4,3
<b>Interacción (TT×T)</b>								
Enteras sin piel 5 °C	18,4±2,0	20,2±0,5	14,5±0,3	16,7±0,6	33,4±0,8	21,8±1,2	28,8±1,1	27,4±0,5
Enteras sin piel 8 °C	21,6±0,6	22,7±0,2	19,4±0,7	20,4±0,5	34,5±0,8	26,1±2,0	26,4±1,4	28,1±0,9
Mitades 5 °C	20,6±0,4	20,5±3,1	16,9±0,7	20,8±0,6	37,8±5,2	23,3±1,0	32,7±1,2	38,3±1,4
Mitades 8 °C	21,7±0,5	22,0±2,3	24,6±2,9	25,1±5,5	39,2±2,9	28,8±1,1	28,1±2,7	31,5±2,2
Cascos en mitad 5 °C	21,8±0,4	22,5±0,6	22,1±0,6	21,8±0,7	35,2±1,7	34,5±1,6	48,3±1,8	49,7±0,2
Cascos en mitad 8 °C	26,7±2,3	28,5±0,8	32,1±1,2	34,7±0,2	48,1±2,0	49,7±0,2	44,5±1,3	50,2±1,1
<b>Nivel de Significancia</b>								
<b>TT</b>	*	NS	***	*	NS	**	**	**
<b>T</b>	**	*	***	NS	NS	**	NS	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple Tukey.

NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para  $P < 0,05$ ;  $0,01$ ;  $0,001$  ó  $0,0001$ , respectivamente.

Z: Valores expresados como media  $\pm$  error estándar.

**Cuadro 2.** Firmeza (kg-f)<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 ° C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	3,1±0,1	3,0±0,2	3,3±0,1 a <sup>Y</sup>	2,9±0,1 a
Mitades	3,0±0,1	3,2±0,1	2,9±0,1 b	2,8±0,0 a
Cascos en mitad	3,0±0,0	2,9±0,1	3,0±0,1 ab	2,5±0,1 b
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	3,0±0,0	3,0±0,1	3,2±0,1 a	2,8±0,1
8 °C	3,1±0,1	3,0±0,1	2,9±0,1 b	2,6±0,1
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	3,1±0,1	3,2±0,2	3,5±0,1	2,9±0,2
Enteras sin piel 8 °C	3,0±0,1	2,8±0,2	3,1±0,2	2,8±0,1
Mitades 5 °C	2,9±0,1	3,0±0,1	3,0±0,2	2,8±0,1
Mitades 8 °C	3,0±0,1	3,3±0,2	2,8±0,1	2,8±0,1
Cascos en mitad 5 °C	2,9±0,1	3,0±0,1	3,1±0,1	2,7±0,1
Cascos en mitad 8 °C	3,1±0,1	2,8±0,1	2,9±0,1	2,3±0,1
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	NS	NS	*	**
<b>T</b>	NS	NS	*	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 3.** Luminosidad (L)<sup>Z</sup> del color de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	77,9±1,1	76,7±0,9	76,5±1,1	75,8±1,0
Mitades	77,2±0,6	76,5±0,7	75,6±0,8	74,8±0,7
Cascos en mitad	77,1±0,5	76,0±0,6	74,9±0,8	74,4±0,8
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	78,3±0,6 a <sup>Y</sup>	77,3±0,5 a	77,0±0,5 a	76,1±0,5 a
8 °C	76,5±0,5 b	75,5±0,5 b	74,4±0,7 b	73,9±0,7 b
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	79,6±1,3	78,3±1,1	78,2±0,7	77,3±0,5
Enteras sin piel 8 °C	76,2±1,0	75,1±0,1	74,9±1,6	74,3±1,7
Mitades 5 °C	77,3±0,9	76,7±0,7	76,5±0,1	75,0±1,2
Mitades 8 °C	77,0±1,0	76,3±1,3	74,7±1,5	74,5±1,1
Cascos en mitad 5 °C	77,9±0,4	77,1±0,6	76,2±1,3	76,0±0,3
Cascos en mitad 8 °C	76,2±0,6	75,0±0,8	73,6±0,5	72,9±0,8
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	NS	NS	NS	NS
<b>T</b>	*	*	*	*
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 4.** Croma (C\*)<sup>Z</sup> del color de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	34,3±1,2 a <sup>Y</sup>	35,8±0,6 a	35,4±0,7 a	34,8±0,9 a
Mitades	31,6±0,4 b	32,3±0,4 b	31,6±0,8 b	32,5±0,4 b
Cascos en mitad	29,6±0,4 c	29,5±0,5 c	31,7±0,6 b	32,5±0,3 b
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	31,1±0,5	32,0±0,9	32,5±0,9	32,7±0,4
8 °C	32,6±1,1	33,0±1,0	33,2±0,8	33,8±0,7
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	32,5±0,9	35,2±0,9	35,5±0,5	34,2±0,0
Enteras sin piel 8 °C	36,0±1,9	36,3±0,8	35,2±1,5	35,5±1,9
Mitades 5 °C	30,9±0,4	31,6±0,3	30,3±0,5	31,9±0,3
Mitades 8 °C	32,4±0,3	32,9±0,5	32,9±1,0	33,2±0,4
Cascos en mitad 5 °C	29,8±0,4	29,3±0,9	31,8±1,3	32,1±0,4
Cascos en mitad 8 °C	29,4±0,8	29,8±0,7	31,5±0,4	32,9±0,1
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	***	****	**	*
<b>T</b>	NS	NS	NS	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 5.** Tono ( $H_{ab}$ )<sup>Z</sup> del color de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	99,2±1,2	98,9±0,7	99,0±1,0	97,5±0,9
Mitades	99,5±0,7	98,3±0,5	97,9±0,9	96,4±0,7
Cascos en mitad	99,4±0,6	99,2±0,6	96,7±1,0	95,9±0,9
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	100,3±0,6	99,5±0,5 a <sup>Y</sup>	99,3±0,7 a	97,8±0,5 a
8 °C	98,5±0,7	98,1±0,3 b	96,4±0,7 b	95,4±0,6 b
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	101,3±1,2	100,1±1,1	100,3±0,9	98,6±0,5
Enteras sin piel 8 °C	97,1±1,2	97,8±0,3	97,7±1,7	96,4±1,5
Mitades 5 °C	99,5±1,2	98,3±0,6	99,5±0,6	96,9±1,2
Mitades 8 °C	99,6±0,9	98,3±1,0	96,3±1,0	95,9±0,7
Cascos en mitad 5 °C	100,1±0,6	100,1±0,8	98,0±1,6	97,9±0,5
Cascos en mitad 8 °C	98,8±1,1	98,3±0,2	95,3±0,7	94,0±0,6
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	NS	NS	NS	NS
<b>T</b>	NS	*	*	**
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 6.** pH<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	3,7±0,0	3,8±0,0	3,8±0,0	3,7±0,0
Mitades	3,7±0,0	3,8±0,0	3,8±0,0	3,7±0,0
Cascos en mitad	3,7±0,0	3,8±0,0	3,8±0,0	3,7±0,0
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	3,7±0,0	3,8±0,0	3,7±0,0	3,7±0,0
8 °C	3,7±0,0	3,8±0,0	3,8±0,0	3,7±0,0
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	3,6±0,0	3,8±0,0	3,7±0,0 c <sup>Y</sup>	3,7±0,1
Enteras sin piel 8 °C	3,7±0,0	3,8±0,0	3,9±0,0 a	3,7±0,1
Mitades 5 °C	3,8±0,0	3,7±0,1	3,8±0,0 abc	3,7±0,1
Mitades 8 °C	3,7±0,1	3,8±0,0	3,8±0,0 bc	3,7±0,0
Cascos en mitad 5 °C	3,7±0,0	3,8±0,0	3,7±0,0 c	3,7±0,0
Cascos en mitad 8 °C	3,7±0,0	3,8±0,0	3,9±0,0 ab	3,7±0,0
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	NS	NS	NS	NS
<b>T</b>	NS	NS	***	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	**	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 7.** Acidez titulable (% ácido Málico)<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenada 8 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	0,32±0,0	0,29±0,0	0,29±0,0	0,31±0,0
Mitades	0,32±0,0	0,31±0,0	0,27±0,0	0,29±0,0
Cascos en mitad	0,34±0,0	0,32±0,0	0,31±0,0	0,32±0,0
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	0,32±0,0	0,30±0,0	0,29±0,0	0,31±0,0
8 °C	0,34±0,0	0,31±0,0	0,29±0,0	0,30±0,0
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	0,34±0,0	0,32±0,0 ab <sup>Y</sup>	0,32±0,0 ab	0,34±0,0
Enteras sin piel 8 °C	0,30±0,0	0,26±0,0 b	0,25±0,0 b	0,29±0,0
Mitades 5 °C	0,29±0,0	0,29±0,0 ab	0,26±0,0 b	0,28±0,0
Mitades 8 °C	0,35±0,0	0,32±0,0 ab	0,27±0,0 ab	0,30±0,0
Cascos en mitad 5 °C	0,32±0,0	0,30±0,0 ab	0,29±0,0 ab	0,31±0,0
Cascos en mitad 8 °C	0,36±0,0	0,35±0,0 a	0,34±0,0 a	0,32±0,0
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	NS	NS	*	NS
<b>T</b>	NS	NS	NS	NS
<b>TT×T</b>	NS	*	**	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 8.** Sólidos solubles totales (%)<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	12,5±0,2	12,0±0,3	10,0±0,2	11,7±0,3
Mitades	12,4±0,3	12,2±0,3	10,4±0,1	11,9±0,3
Cascos en mitad	12,1±0,4	12,0±0,1	11,5±0,5	11,7±0,3
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	12,4±0,2	11,9±0,2	10,4±0,1	11,6±0,2
8 °C	12,2±0,3	12,3±0,2	10,8±0,4	12,0±0,2
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	12,7±0,3	11,8±0,2	10,2±0,1 b <sup>Y</sup>	12,1±0,5
Enteras sin piel 8 °C	12,3±0,4	12,2±0,5	9,8±0,4 b	11,3±0,2
Mitades 5 °C	12,6±0,3	11,9±0,5	10,6±0,1 ab	11,4±0,1
Mitades 8 °C	12,2±0,6	12,5±0,1	10,2±0,1 b	12,5±0,4
Cascos en mitad 5 °C	11,9±0,2	11,9±0,1	10,4±0,4 ab	11,3±0,2
Cascos en mitad 8 °C	12,2±0,8	12,1±0,2	12,5±0,1 a	12,1±0,4
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	NS	NS	*	NS
<b>T</b>	NS	NS	NS	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	*	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 9.** Evaluación sensorial de la apariencia<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	11,4±0,3 a <sup>Y</sup>	10,8±0,4 a	9,1±0,5 a	7,4±0,4
Mitades	10,1±0,3 b	9,4±0,3 b	7,9±0,4 ab	6,5±0,5
Cascos en mitad	8,9±0,4 c	9,8±0,4 b	7,4±0,5 b	6,2±0,5
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	10,4±0,3	10,3±0,3	8,4±0,4	7,2±0,4
8 °C	9,9±0,3	9,8±0,3	7,9±0,4	6,2±0,4
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	12,1±0,4	11,1±0,5	9,1±0,8	8,4±0,5
Enteras sin piel 8 °C	10,8±0,5	10,5±0,6	9,0±0,6	6,5±0,6
Mitades 5 °C	10,1±0,4	9,2±0,6	7,8±0,6	6,5±0,7
Mitades 8 °C	10,2±0,4	9,7±0,4	7,9±0,6	6,6±0,7
Cascos en mitad 5 °C	9,1±0,6	10,6±0,6	8,1±0,6	6,8±0,6
Cascos en mitad 8 °C	8,7±0,5	9,1±0,6	6,7±0,7	5,7±0,7
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	****	*	*	NS
<b>T</b>	NS	NS	NS	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 10.** Evaluación sensorial del pardeamiento<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	2,8±0,4 b <sup>Y</sup>	3,9±0,5 b	5,9±0,6 b	7,4±0,6
Mitades	4,1±0,5 a	5,1±0,5 ab	7,1±0,6 ab	8,3±0,6
Cascos en mitad	4,4±0,6 a	6,9±0,6 a	8,2±0,7 a	8,9±0,6
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	3,6±0,4	5,0±0,5	6,8±0,5	7,8±0,5
8 °C	4,0±0,4	5,6±0,4	7,3±0,5	8,7±0,5
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	2,3±0,5	3,1±0,7	5,4±1,0	6,8±0,8
Enteras sin piel 8 °C	3,3±0,7	4,7±0,6	6,3±0,9	8,1±0,8
Mitades 5 °C	4,5±0,8	5,0±0,5	7,4±0,8	8,5±0,8
Mitades 8 °C	3,8±0,6	5,2±0,8	6,8±0,8	8,1±0,9
Cascos en mitad 5 °C	3,9±0,8	6,9±0,8	7,6±0,9	8,0±0,9
Cascos en mitad 8 °C	4,9±0,9	6,8±0,8	8,8±0,9	9,7±0,9
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	*	****	*	NS
<b>T</b>	NS	NS	NS	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.

**Cuadro 11.** Evaluación sensorial de la textura<sup>Z</sup> de los diferentes tipos de troceado de manzana Cripps Pink MPF almacenados 8 días a 5 y 8 °C.

	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Troceado (TT)</b>				
Enteras sin piel	10,1±0,4 ab <sup>Y</sup>	9,5±0,6 b	9,0±0,4	8,7±0,4
Mitades	9,1±0,4 b	11,9±0,3 a	8,4±0,5	8,4±0,4
Cascos en mitad	11,2±0,4 a	10,7±0,6 ab	9,5±0,5	8,2±0,3
<b>Temperatura (T)</b>				
5 °C	10,2±0,3	10,8±0,4	8,5±0,4	8,4±0,3
8 °C	10,1±0,4	10,6±0,5	9,4±0,4	8,4±0,3
<b>Interacción (TT×T)</b>				
Enteras sin piel 5 °C	10,2±0,5	9,0±0,8	7,9±0,6	8,8±0,6
Enteras sin piel 8 °C	9,9±0,5	9,9±0,9	10,1±0,5	8,7±0,6
Mitades 5 °C	9,2±0,6	11,6±0,5	8,1±0,6	8,5±0,6
Mitades 8 °C	9,1±0,7	12,1±0,4	8,7±0,8	8,3±0,5
Cascos en mitad 5 °C	11,2±0,5	11,6±0,6	9,4±0,8	8,0±0,5
Cascos en mitad 8 °C	11,2±0,5	9,7±0,9	9,6±0,8	8,3±0,5
<b>Nivel de Significancia</b>				
<b>TT</b>	***	**	NS	NS
<b>T</b>	NS	NS	NS	NS
<b>TT×T</b>	NS	NS	NS	NS

Y: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas para cada factor según la prueba de rango múltiple

Tukey. NS, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*. No Significativo o significativo para P<0,05; 0,01; 0,001 ó 0,0001, respectivamente.

Z: Valores expresados como media ± error estándar.