

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**EFECTO DEL TIPO DE CORTE Y LA TEMPERATURA DE  
ALMACENAMIENTO EN LA ACTIVIDAD METABÓLICA EN MANZANAS  
'RED DELICIOUS' Y CRIPPS PINK'  
MÍNIMAMENTE PROCESADAS EN FRESCO**

**CHRISTIAN GABRIEL ALDAY VILLALOBOS**

Santiago, Chile  
2012

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE PREGRADO**

**EFEECTO DEL TIPO DE CORTE Y LA TEMPERATURA DE  
ALMACENAMIENTO EN LA ACTIVIDAD METABÓLICA EN MANZANAS  
'RED DELICIOUS' Y CRIPPS PINK'  
MÍNIMAMENTE PROCESADAS EN FRESCO**

**EFFECT OF CUTTING SHAPE AND STORAGE TEMPERATURE ON THE  
METABOLIC ACTIVITY OF MINIMALLY PROCESSED  
'RED DELICIOUS' AND 'CRIPPS PINK' APPLES**

**CHRISTIAN GABRIEL ALDAY VILLALOBOS**

Santiago, Chile  
2012

# UNIVERSIDAD DE CHILE

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

### ESCUELA DE PREGRADO

#### EFECTO DEL TIPO DE CORTE Y LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LA ACTIVIDAD METABÓLICA EN MANZANAS 'RED DELICIOUS' Y CRIPPS PINK' MÍNIMAMENTE PROCESADAS EN FRESCO

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Agrónomo  
Mención: Fruticultura

**CHRISTIAN GABRIEL ALDAY VILLALOBOS**

	Calificaciones
<b>PROFESORES GUÍAS</b>	
Sr. Víctor H. Escalona C. Ing. Agrónomo, Dr.	6,7
Sr. Rodrigo Infante E. Ing. Agrónomo, Dr.	7,0
<b>PROFESORES EVALUADORES</b>	
Sr. Luis Luchsinger L. Ing. Agrónomo, Ph.D.	6,7
Sr. Pablo Morales P. Ing. Agrónomo, Ph.D.	6,5
<b>COLABORADOR</b>	
Srta. Alejandra Machuca Ing. Agrónomo	

Santiago, Chile  
2012

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que, de una forma u otra, me han ayudado y apoyado en la realización de esta memoria.

En primer lugar deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi profesor, el señor Víctor Escalona, por su paciencia, comprensión, amistad y apoyo en la elaboración de esta memoria.

A todo el grupo de trabajo del Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, por su amistad, compañía y ayuda, especialmente a las señoritas Alejandra Machuca y Daniela Cárdenas.

Al Departamento de Producción Agrícola, por otorgarme apoyo profesional en el laboratorio de Calidad de la Fruta.

Agradezco a mis compañeros y amigos por los buenos momentos disfrutados y por su ánimo y apoyo en los momentos difíciles.

Se agradece también al financiamiento que otorgó FONDEF-CONICYT para la elaboración de esta memoria. Proyecto nacional: Desarrollo de productos frutícolas mínimamente procesados en fresco como estrategia para aumentar el consumo. Bases tecnológicas. D0711026.

Y, ante todo, quiero agradecer y dedicar a mi familia (Nicolás, Julia, Elizabeth, Juan Carlos, Giovanni y Nicolás) por su amor, ánimo y apoyo incondicional transmitidos durante toda mi vida. Ojalá algún día yo pueda transmitir a mis hijos lo que me han inculcado, y se sientan tan orgullosos como yo de ellos.

A la memoria de mi Tío Nicolás

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	1
RESUMEN.....	3
Palabras clave .....	3
ABSTRACT .....	4
Key words.....	4
1. INTRODUCCIÓN .....	5
1.1 Hipótesis .....	8
1.2 Objetivo general .....	8
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
2.1 Lugar de estudio y material vegetal.....	9
2.2 Evaluaciones de la fruta entera.....	9
2.2.1 Determinaciones de calidad .....	9
2.2.1.1 Peso .....	9
2.2.1.2 Tamaño.....	9
2.2.1.3 Color de pulpa.....	10
2.2.1.4 Color de fondo .....	10
2.2.1.5 Color de cubrimiento .....	10
2.2.1.6 Firmeza.....	11
2.2.1.7 Concentración de sólidos solubles totales (SST) .....	11
2.2.1.8 pH y acidez titulable .....	11
2.3 Tratamientos y ensayos .....	11
2.4 Procesamiento.....	12
2.5 Evaluaciones de la fruta MPF.....	14
2.5.1 Determinaciones gaseosas.....	14
2.5.1.1 Tasa respiratoria.....	14
2.5.2 Determinaciones de calidad .....	14
2.5.2.1 Color de pulpa.....	15
2.5.2.2 Firmeza.....	15
2.5.2.3 Concentración de sólidos solubles totales (SST) .....	15

2.5.2.4 pH y acidez titulable .....	16
2.5.3 Determinación calidad sensorial .....	16
2.6 Diseño experimental y análisis estadístico .....	16
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	17
3.1 Ensayo 1 (Red Delicious) .....	17
3.1.1 Tasa respiratoria .....	17
3.1.2 Color .....	19
3.1.2.1 Luminosidad (L) .....	19
3.1.2.2 Croma (C*) .....	20
3.1.2.3 Tono (H <sub>ab</sub> ) .....	22
3.1.3 Firmeza .....	23
3.1.4 Concentración de sólidos solubles totales (SST) .....	24
3.1.5 pH .....	25
3.1.6 Acidez titulable .....	27
3.1.7 Análisis sensorial .....	28
3.2 Ensayo 2 (Cripps Pink) .....	31
3.2.1 Tasa Respiratoria .....	31
3.2.2 Color .....	32
3.2.2.1 Luminosidad (L) .....	32
3.2.2.2 Croma (C*) .....	34
3.2.3 Firmeza .....	35
3.2.4 Concentración de sólidos solubles totales (SST) .....	36
3.2.5 pH .....	37
3.2.6 Acidez titulable .....	38
3.2.7 Análisis sensorial .....	39
4. CONCLUSIONES .....	42
4.1 Ensayo 1 (Red Delicious) .....	42
4.2 Ensayo 2 (Cripps Pink) .....	43
BIBLIOGRAFÍA .....	44
ANEXOS .....	49
APÉNDICES .....	51

## RESUMEN

Se investigó el efecto del corte (cascos, cubos y rodajas) y de la temperatura de almacenamiento (5 y 8 °C) sobre la actividad metabólica en manzanas mínimamente procesadas en fresco (MPF). Para llevar esto a cabo, se realizaron dos ensayos con dos variedades de manzanas ('Red Delicious' y 'Cripps Pink'). Los trozos de manzanas fueron envasados en tarrinas de polietileno con tapa (200 g) y almacenados en cámaras de refrigeración durante 8 días. Se evaluó la tasa respiratoria, luminosidad (L), croma (C\*), tono (H<sub>ab</sub>), firmeza, concentración de sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable y parámetros sensoriales.

En el Ensayo I (Red Delicious), el cortado provocó un aumento significativo en la tasa respiratoria de todos los tratamientos estudiados, este incremento fue más notorio a 8 °C mostrando tasas superiores a 30 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> al día 8; a 5 °C las tasas respiratorias alcanzaron valores entorno a los 20 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, destacando la importancia de la temperatura de conservación sobre la actividad metabólica de los productos MPF. No se observaron diferencias significativas en el avance del pardeamiento de la fruta almacenada, sin embargo el tratamiento cascos a 8 °C presentó la mayor disminución en los parámetros L (17%) y H<sub>ab</sub> (14%) respectivamente. La pérdida de firmeza se incrementó con el periodo de almacenamiento, siendo mayor en cascos a 5 y 8 °C.

El mayor grado de corte y la temperatura de almacenamiento a 8 °C provocaron un aumento significativo de la tasa respiratoria. La conservación a bajas temperaturas, en esta experiencia, no fue efectiva en el control de los diferentes problemas causados por el procesamiento. Por lo que se aconseja la utilización de métodos alternativos para complementar la refrigeración, como antipardeantes, sales de calcio, EAM, etc.

En el Ensayo II (Cripps Pink), los cubos conservados a 8 °C obtuvieron tasas respiratorias más altas, registrando 46 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> al día 8; y mayor grado de pardeamiento con disminución de los parámetros L (6%) y H<sub>ab</sub> (4%). La firmeza disminuyó a través del tiempo, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos.

Cripps Pink mantiene la calidad del producto durante casi todo el ensayo, siendo una opción para el desarrollo de manzanas MPF. No obstante se recomienda el uso de métodos alternativos para complementar la refrigeración, con el fin de extender la vida útil y periodo de comercialización a un tiempo mayor a 8 días.

## Palabras clave

Tasa respiratoria, mínimamente procesado, tipo de corte, temperatura de almacenamiento.

## ABSTRACT

The objective of this work was to study the effects of cutting shape (wedges, cubes and slices) and storage temperatures (5 and 8 °C) on metabolic activity of minimally processed apples. Two trials on apple 'Red Delicious' and 'Cripps Pink' were carried out to fulfil this objective. Approximately 200 g of apple pieces were packaged in polyethylene containers. Then, the containers were stored 8 days at both temperatures. Respiration rate, luminosity, chroma, hue value, firmness, soluble solids content (SSC), pH, titratable acidity and sensory parameters were evaluated.

On trial I (Red Delicious), the cutting shape caused a significantly statistical increase on the respiration rate of all treatments. However, this increase was most noticeable at 8 °C with respiration rates higher than 30 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> on day 8, while at 5 °C the respiration rate was around 20 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>. Moreover, enzymatic browning was not significantly affected by cutting shape. The highest firmness loss was obtained on wedges stored at both temperatures.

The highest cutting level and storage at 8 °C caused a significantly statistical increase on respiration rate. The preservation at low temperatures was not effective to control the different problems caused by processing. Therefore, the use of alternative methods is recommended to complement refrigeration, such as anti browning agents, calcium salts, MAP, etc.

On trial II (Cripps Pink), the highest respiration rate (46 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> on day 8) and browning degree were obtained on cubes stored at 8 °C, while firmness decreased with storage period with non significantly differences among treatments.

Cripps Pink apples maintained their quality along the storage period, which could be considered as an option for the production of minimally processed. However, the use of alternative methods is recommended to complement refrigeration, to extend for more than 8 days the shelf life of the product.

## Key words

Respiration rate, minimally processed, cutting shape, storage temperature.

## 1. INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas en la dieta diaria tiene un efecto benéfico para la salud, ya que es una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra, libre de aditivos, además de poseer un bajo contenido calórico (Rocha y Morais, 2007). Sin embargo, este consumo es todavía muy bajo con respecto a las recomendaciones hechas por los profesionales de la salud (OMS, 2003). Martínez-Navarrete *et al.* (2008) mencionan que el bajo consumo de frutas, es uno de los principales factores de riesgo asociados a enfermedades crónicas no transmisibles como las enfermedades cardiovasculares, la obesidad, la diabetes y algunos tipos de cáncer. En este sentido, la introducción de frutas mínimamente procesadas en fresco (MPF) en los mercados es una válida y promisoría estrategia para incrementar el consumo de frutas dentro de la población, debido a su atractiva presentación, apariencia y sabor (Rocha y Morais, 2007). Además, se espera un cambio en los hábitos familiares de compra y a una mayor conciencia sobre la importancia de consumir productos sanos, frescos, bajos en calorías, sin aditivos e higiénicamente seguros, unidos al ahorro de tiempo empleado en la preparación doméstica (King y Bolin, 1989; Schlimme, 1995).

Los alimentos MPF, consisten en frutas y hortalizas preparadas y manipuladas mediante operaciones simples como el lavado, cortado, picado, rebanado y otras relacionadas, muchas de las cuales incrementan la perecibilidad de estos productos. El envasado se realiza, generalmente en atmósferas modificadas y requieren ser conservados a bajas temperaturas (3 a 5 °C). El resultado es un alimento fresco que puede ser preparado y consumido en un menor tiempo, utilizando un mínimo espacio y totalmente comestible en un periodo mínimo de siete días (Cantwell y Suslow, 2002; López y Moreno, 1994).

La preparación de manzanas MPF provoca drásticos cambios en la fisiología de la fruta que llevan a un rápido deterioro del producto, disminuyendo su vida útil drásticamente. Tales cambios principalmente se expresan como incremento respiratorio, pérdida de agua y aumento de la carga microbiana (King y Bolin, 1989). El incremento en la velocidad respiratoria se traduce en un rápido consumo de oxígeno en el envase y en una acelerada producción de etileno; ésta es estimulada por el estrés al que se someten los tejidos vegetales, siendo su velocidad de producción proporcional al área superficial dañada y a la intensidad de ese estrés (Abeles *et al.*, 1992; Brecht, 1995; Watada *et al.*, 1996). Aguayo (2003), de igual manera, indica que el incremento de la tasa respiratoria, depende del grado de procesado, siendo mayor a mayor grado de procesado y mayor temperatura de conservación. Rosen y Kader (1989), observaron que la tasa de respiración, se duplicó en el kiwi con una madurez de consumo, cuando éste fue sometido, a un pelado y cortado en comparación a una fruta intacta. Además reportaron que frutillas y peras cortadas, presentaron tasas de respiración, más altas que las frutas enteras, durante los 7 días de almacenamiento a 2,5 °C y posteriormente a 20 °C por un día. Además, una elevada respiración puede ocasionar una mayor pérdida de ácidos, azúcares y otros compuestos que determinan el sabor y la calidad nutritiva de los productos MPF (Escalona *et al.*, 2006). El

corte provocado por el procesado de la fruta gatilla la producción de etileno el cual aumenta la respiración de los productos MPF (King y Bolin, 1989; Watada *et al.*, 1990; Watada y Qi, 1999; Wiley, 1994). Además, el etileno acelera la pérdida de textura de los tejidos. El incremento de la emisión de etileno, en ocasiones ocurre pocos minutos después del corte, pero habitualmente comienza después de 1 hora, alcanzando el máximo dentro de las 6 a 12 horas siguientes. Esto acelera el deterioro y la senescencia del tejido vegetal y promueve la maduración climatérica de los frutos (Brecht, 1995; Watada *et al.*, 1990). También, un tejido vegetal dañado mecánicamente, como lo reporta un estudio sobre manzanas Fuji en rodajas, provoca el pardeamiento, que es una reacción de oxidación, catalizada por la enzima polifenoloxidasasa (PPO) sobre compuestos fenólicos liberados durante el corte, en presencia de oxígeno (Gil *et al.*, 1998). Amiot *et al.*, (1995), indican que el pardeamiento es uno de los mayores obstáculos a la comercialización de fruta MPF. El afilado de las cuchillas de las máquinas y de mano, tan a menudo como sea posible, es una práctica muy apropiada para disminuir en gran medida estas alteraciones y prolongar la vida comercial de las frutas MPF debido al reducido daño celular. Las rodajas de pera que fueron cortadas con un cuchillo recién afilado mantuvieron la calidad visual más tiempo que una fruta cortada con una máquina con cuchillas desafiladas (Gorny y Kader, 1996).

Hay diferentes formas de contrarrestar los problemas provocados por el procesamiento de las frutas; en el caso del aumento de la tasa respiratoria, pérdida de peso y textura, una de las principales soluciones es la reducción de la temperatura (Aguayo, 2003; Silveira, 2009). Por lo tanto, el manejo adecuado de la temperatura durante la preparación del producto y refrigeración a través de la distribución y comercialización es esencial para la conservación de la calidad. Para Watada y Qi (1999), es imprescindible que la manipulación y el procesado de los productos MPF se realicen a bajas temperaturas, inferiores a los 10 °C, e inmediatamente se laven con agua clorada a baja temperatura (inferior a 4 °C). A estas temperaturas deben realizarse también el pesado, envasado y sellado. Los procesos metabólicos, incluidos la respiración y la maduración son sensibles a la temperatura. De esta forma, las temperaturas bajas minimizan las diferencias de respiración entre un producto cortado y uno entero, retardando además el crecimiento microbiano. Según Cantwell y Suslow (2002) los productos MPF, a diferencia de los enteros, deben ser conservados a temperaturas cercanas a 0 °C para prolongar su vida útil sin que lleguen a manifestarse daños por frío debido a su corto periodo de almacenamiento. La temperatura recomendada para el almacenamiento de los productos MPF es de 0 a 5 °C (Rivera-López *et al.*, 2005). La aplicación de diferentes temperaturas de almacenamiento, confirman que la utilización de bajas temperaturas (5 °C), mantienen la calidad de cubos de papaya por un tiempo de hasta 14 días, mientras que los frutos almacenados a 10 °C, la vida útil es de tan solo 10 días. De la misma forma, se observó que los frutos cortados almacenados a 20 °C fue de tan solo 5 días (González-Aguilar *et al.*, 2004).

El uso del envasado en atmósfera modificada (EAM) es otra manera de alargar significativamente la vida útil de los productos MPF. En la conservación y distribución de la fruta recién cortada es donde se suele utilizar esta tecnología de envasado, alcanzándose concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> que deben ajustarse con el propósito de inhibir ciertas reacciones, especialmente las relacionadas con la respiración, senescencia, ablandamiento

de los tejidos y crecimiento microbiano (Huxsoll y Bolin, 1989; Rocha y Morais, 2001). Investigaciones indican que el uso del EAM con una disminución de la concentración de O<sub>2</sub> y un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> puede ser beneficioso para mantener de la calidad y extender la vida útil de manzanas en rodajas (Gil *et al.*, 1998; Gunes *et al.*, 2001; Nicoli *et al.*, 1994; Rocculi *et al.*, 2004; Rocha y Morais, 2000; O'Beirne, 1990). Al disminuir la concentración de O<sub>2</sub> se inhiben o reducen las reacciones de pardeamiento, y al aumentar la concentración de CO<sub>2</sub> se inhibe la síntesis de metabolitos fenólicos, sustratos de la PPO que han sido inducidos como consecuencia del daño producido por el corte (Ahvenainen, 1996; Cantwell y Suslow, 2002). Además estas atmósferas inhiben la producción de etileno en la fruta recién cortada debido al efecto de los bajos niveles de oxígeno sobre la biosíntesis y acción del etileno (Soliva-Fortuny *et al.* 2002a; 2004). Las atmósferas en concentraciones no adecuadas producen sabores y olores extraños, resultantes de un metabolismo fermentativo (Arias, 2007). Para rodajas de manzana se recomienda concentraciones menores a 1% de O<sub>2</sub> y de 4 a 12% de CO<sub>2</sub> a una temperatura de almacenamiento de 0 a 5 °C (Kader *et al.*, 1989). Además, el envasado en atmósfera modificada se utiliza para disminuir la velocidad de pardeamiento de frutas MPF como el melón y mango (Ayhan *et al.*, 1998; Nithiya *et al.*, 2001; Qi *et al.*, 1999) y preservar la firmeza de manzana y pera recién cortada (Soliva-Fortuny *et al.*, 2002b, 2003). Como se ha mencionado anteriormente, el incremento de la temperatura aumenta la respiración del producto y, aunque la permeabilidad de la película plástica también se incrementa, la tasa de aumento es menor que la respiración. Esto significa que si no se mantiene la temperatura de conservación correcta se generan en el interior del envase concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> tóxicas para el órgano vegetal (Brecht *et al.*, 2003; Exama *et al.*, 1993; Reid y Serek, 1999). Por esta razón, una película plástica recomendada para una temperatura puede no serlo para otra (Escalona *et al.*, 2003; 2005; Kader *et al.*, 1989; Kays, 1991). Aunque existen muchas películas plásticas disponibles en el mercado, relativamente pocas han sido utilizadas, ya que aún no ofrecen totalmente las características idóneas para el envasado en atmósfera modificada (EAM) de frutas MPF. Una ventaja del EAM es mantener una alta humedad relativa ( $\geq 95\%$ ), que frena la transpiración y la deshidratación, aunque las posibles condensaciones sobre el interior del envase generan una condición que favorece el crecimiento microbiano, bloquea la difusión del O<sub>2</sub> dentro del tejido vegetal y a través del polímero, causando fermentación. Es por esto, que durante los últimos años se han realizado la mayoría de los avances en películas plásticas y nuevas propuestas se esperan en un futuro cercano tanto a nivel de fabricación, consumidor y costos relacionados con las películas. Algunas de las nuevas películas desarrolladas buscan cambiar la permeabilidad en función de la temperatura, incrementar la difusión de gases mediante microperforaciones, mejores propiedades mecánicas, de impresión, integridad del sellado y la posibilidad de volver a sellar la bolsa, claridad y características anti-vaho (Escalona *et al.*, 2008).

Finalmente, el estudio de la tasa respiratoria de un producto MPF es un excelente indicador de la actividad metabólica de un tejido y una guía útil para conocer la potencial vida útil de un producto, ya que indica su velocidad de deterioro (Aguayo, 2003). Además, el conocimiento de la tasa respiratoria de manzanas MPF puede proporcionar información relevante para el diseño de un envase y la elección de una película plástica con

características de permeabilidad específicas, que pueda utilizarse para un envasado en atmósfera modificada (EAM) que regule adecuadamente los intercambios gaseosos entre la respiración de manzanas MPF y el ambiente que las rodea, generando una atmósfera de equilibrio favorable para su supervivencia comercial, relacionando la superficie del envase y el peso del producto (Fonseca *et al.*, 2002; Kader *et al.*, 1989). Para el éxito del EAM es necesario saber que cada envase debe adecuarse a cada producto, por lo que es fundamental tener en cuenta el tipo, composición y permeabilidad de los polímeros. Entonces, la elección y utilización del envase adecuado, incluyendo el tipo de película plástica, debería ser considerado a la hora de envasar fruta MPF, debido a que la producción de CO<sub>2</sub> puede ser favorable o perjudicial, dependiendo de la tolerancia de las mismas a las concentraciones de CO<sub>2</sub> (Martínez-Sánchez *et al.*, 2008).

### **1.1 Hipótesis**

La actividad metabólica de manzanas MPF se afecta con el tipo de corte y la temperatura de almacenamiento.

### **1.2 Objetivo general**

Evaluar la influencia del tipo de corte y la temperatura de almacenamiento en la actividad metabólica de manzanas ‘Red Delicious’ y ‘Cripps Pink’ MPF.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Lugar de estudio y material vegetal**

Los ensayos se realizaron en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y en el laboratorio de Calidad de la Fruta del Departamento de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Para la realización del presente estudio se utilizaron manzanas provenientes de huertos comerciales ubicados en la Comuna de Rancagua, Provincia de Cachapoal, VI Región. 'Red Delicious' fue cosechada en marzo y 'Cripps Pink' en mayo de 2009. Las manzanas fueron almacenadas en cámara frigorífica a 0 °C y 90% de humedad relativa por 5 meses.

### **2.2 Evaluaciones de la fruta entera**

Se evaluó una muestra de 24 frutos representativos para determinar las características iniciales de la fruta antes de cada ensayo. Los parámetros que se analizaron se describen a continuación en el siguiente orden: peso, tamaño, color de pulpa, color de fondo, color de cubrimiento, firmeza, concentración de sólidos solubles totales (SST), pH y acidez titulable.

#### **2.2.1 Determinaciones de calidad**

**2.2.1.1 Peso:** Se evaluó mediante una balanza electrónica de precisión (dos decimales de precisión) modelo BJ-610C (Precisa, Suiza). Los resultados se expresaron en gramos.

**2.2.1.2 Tamaño:** Se obtuvo a través del diámetro ecuatorial y polar de la fruta por medio de un pie de metro digital (Bull Tools, China), expresando los resultados en milímetros.

Cuadro 1. Resultado de la caracterización de manzanas ‘Red Delicious’ y ‘Cripps Pink’ previa a los ensayos (n=24).

Parámetros	Red Delicious		Cripps Pink		
	Promedio	Error	Promedio	Error	
Peso (g)	216,0	1,4	223,9	2,1	
Diámetro ecuatorial (mm)	77,9	0,5	80,0	0,5	
Diámetro polar (mm)	73,6	0,6	74,2	0,7	
Firmeza (kg-f)	5,1	0,1	5,8	0,2	
Concentración de sólidos solubles totales (%)	13,1	0,1	14,3	0,3	
pH	4,1	0,0	3,7	0,0	
% acidez (ác. málico)	0,2	0,0	0,4	0,0	
Color Pulpa	L	78,2	0,3	82,3	0,2
	H <sub>ab</sub>	106,5	0,3	96,9	0,3
Color Fondo	L	-	-	75,4	0,8
	H <sub>ab</sub>	-	-	97,7	0,6
Color Cubrimiento	L	38,7	1,2	57,9	0,7
	H <sub>ab</sub>	36,9	2,0	54,4	1,9

**2.2.1.3 Color de pulpa:** Las mediciones se realizaron en dos puntos de la manzana con un colorímetro portátil triestímulo Minolta modelo CR-200b, con un ángulo de observador de 0°, utilizando el sistema CIE Lab. La fuente iluminante fue D<sub>65</sub>. Los valores iniciales de L, a\* y b\*, fueron considerados como referencia para determinar los cambios en los parámetros de color durante el almacenamiento de las manzanas MPF. Adicionalmente los valores de a\* y b\* se transformaron en valores de Cromo (C\*, intensidad) y ángulo hue (H<sub>ab</sub>, tono) donde,  $C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$  y  $H^o=\tan^{-1}(b^*/a^*)$ .

**2.2.1.4 Color de fondo:** Se realizaron mediciones en 4 puntos en la piel de la manzana sobre el color de fondo mediante el colorímetro ya especificado.

**2.2.1.5 Color de cubrimiento:** Se realizaron mediciones en 4 puntos en la piel de la manzana sobre el color de cubrimiento mediante el colorímetro ya especificado.

**2.2.1.6 Firmeza:** Se evaluó utilizando un penetrómetro manual modelo FT 327 (Effegi, Italia), provisto de un émbolo de acero inoxidable de 11,1 mm de diámetro. Las mediciones se realizaron en ambas caras del fruto en la zona ecuatorial previa remoción de la piel a una profundidad de 10 mm. Los resultados se expresaron en kilogramo fuerza (kg-f).

**2.2.1.7 Concentración de sólidos solubles totales (SST):** Se obtuvo a partir de una muestra de jugo representativa de 5 manzanas, usando un refractómetro de compensación automática de temperatura (Atago, Japón) previamente calibrado con agua destilada. Los resultados se expresaron en porcentaje de sólidos solubles totales.

**2.2.1.8 pH y acidez titulable:** El pH se determinó con un potenciómetro (Schott, Alemania) y la acidez mediante la titulación de 10 mL de jugo con NaOH 0,1N hasta la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2-8,3 registrando el gasto. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico.

### 2.3 Tratamientos y ensayos

Se realizaron dos ensayos independientes, uno correspondiente a cada variedad. En cada uno se efectuaron 6 tratamientos, dados por las combinaciones entre tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento. Los tres tipos de corte están asignados por las manzanas cortadas en cubos, en rodajas y en cascós. Las temperaturas de almacenamiento utilizadas fueron 5 y 8°C. La fruta MPF fue almacenada durante 8 días y los análisis se realizaron a los 1, 3, 6 y 8 días. El Cuadro 1 detalla los tratamientos del ensayo.

Cuadro2. Tratamientos para las diferentes variedades de manzanas MPF.

Tratamiento	Tipo de corte	Temperatura (°C)
T1	Cubos	5
T2	Cubos	8
T3	Rodajas	5
T4	Rodajas	8
T5	Cascos	5
T6	Cascos	8

## 2.4 Procesamiento

El día del ensayo y después de una selección visual, los frutos que no presentaban daños fueron llevados desde la cámara de almacenamiento a una de procesamiento, donde se trabajó a una temperatura de 8 °C. Los frutos previamente pesados, se sumergieron en agua potable a 5 °C con 200 mg·L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sodio durante 5 min y se dejaron escurrir por otros 5 min sobre una malla limpia. Posteriormente se procedió a pelar la fruta en forma manual con cuchillos de filo liso afilados, para reducir el daño en el corte. El ‘descorazonado’ (remoción de la zona calicinal) se hizo manualmente con un sacabocados para los tratamientos en cubos y rodajas. El corte en cubo se hizo realizando cortes longitudinales; paralelos y perpendiculares a 1,5 cm, luego se realizó un corte transversal a modo de obtener un trozo de fruta de 1,5 cm<sup>3</sup> aprox. Las rodajas se obtuvieron tras un corte transversal con cuchillo de filo liso aprox. de 1 cm de espesor. El ‘descorazonado’ y corte en cascos se efectuó con un rebanador manual inoxidable, realizando un corte longitudinal en 8 secciones. Luego, las manzanas MPF fueron sumergidas en una solución de 100 mg·L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sodio a 5 °C por 1 min, después se hizo un enjuague con agua potable a 5 °C por 5 min y finalmente fueron drenadas por otros 5 min sobre una malla limpia. Posteriormente en las tarrinas de 500 mL (Ultrapac sudamérica, Chile) se colocaron 200 g de manzanas MPF y fueron revestidas con una película de cloruro de polivinilo, polímero de nombre comercial ‘Alusa plast’ (Europlast, Chile). En los frascos de vidrio de 940 mL se colocaron 300 g de manzanas MPF y fueron cerradas con tapas herméticas. Luego se colocaron en bandejas de plástico y se almacenaron en cámaras de frío a 5 y 8 °C según el tratamiento y 90% de humedad relativa. La Figura 1 esquematiza el proceso del ensayo.

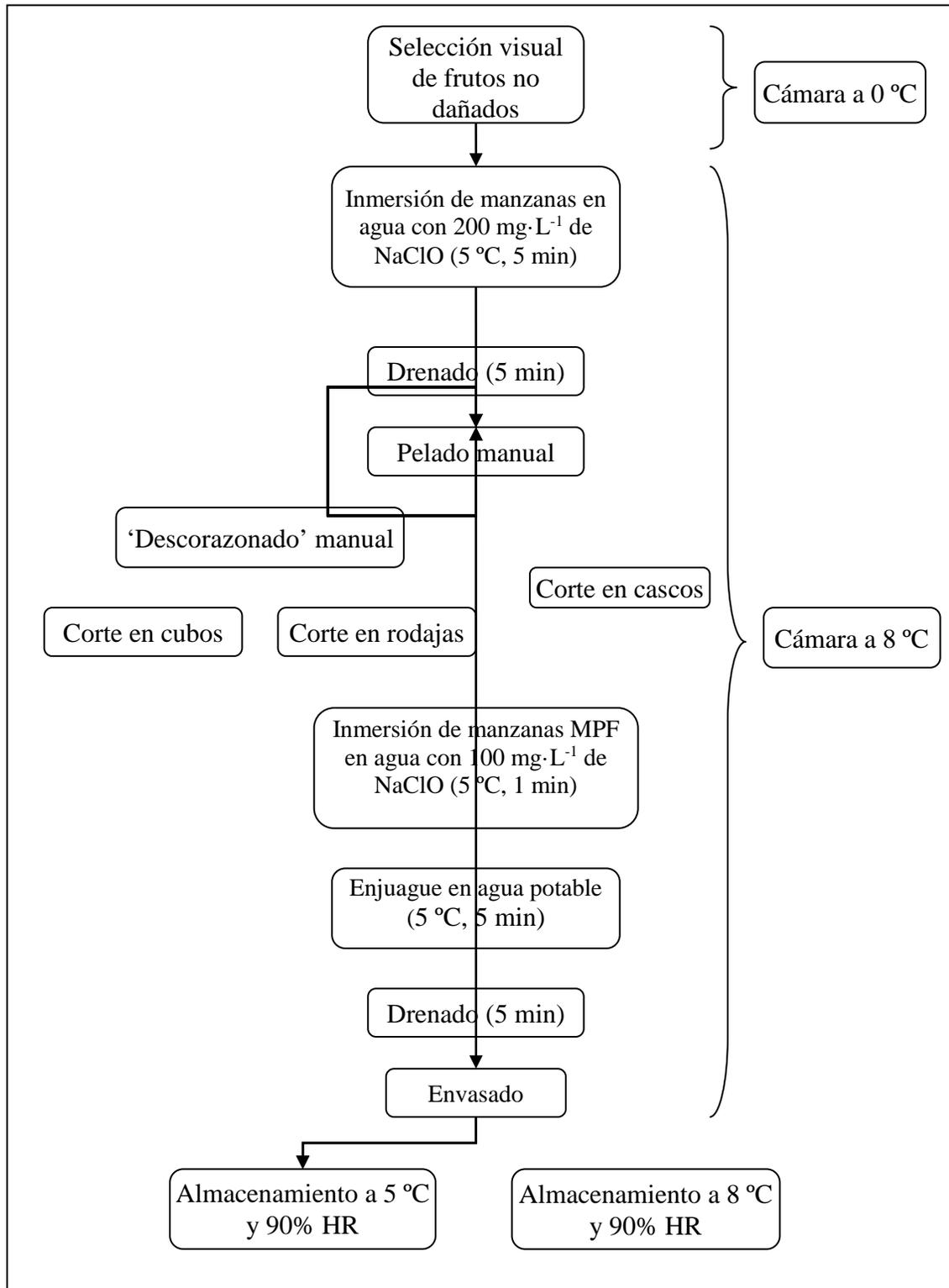


Figura 1. Línea de proceso para manzanas 'Red Delicious' y 'Cripps Pink' MPF.

## 2.5 Evaluaciones de la fruta MPF

Los parámetros analizados a la fruta MPF se realizaron en el siguiente orden: tasa respiratoria, color de pulpa, firmeza, concentración de sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable y calidad sensorial.

### 2.5.1 Determinaciones gaseosas

**2.5.1.1 Tasa respiratoria:** Se determinó utilizando un sistema estático a 5 y 8 °C en aire, para ello se introdujeron 300 g de manzanas MPF en frascos de vidrio de 940 mL herméticamente sellados, provistos de una septa de goma en su tapa. Una vez obtenida una cantidad adecuada de gases en los frascos sellados (después de 1 a 3 h), con una jeringa de plástico (Nitro, Argentina) se extrajo una muestra de 10 mL del espacio de cabeza, a través de la septa de goma, la cual fue inyectada en un cromatógrafo de gases (CG) marca Hewlett Packard (modelo 5890 serie II), con detector de conductividad térmica y columnas Molecular Sieve y Porapak Q. Estas mediciones fueron realizadas durante el almacenaje a 5 y 8°C, cada día hasta completar un periodo de 8 días. Se utilizaron 3 frascos por tratamiento, con un total de 18 frascos por ensayo. Se usó un estándar (Indura, Chile) de CO<sub>2</sub> de 1% para la calibración del equipo. Los resultados de las mediciones se expresaron en mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$TR = \frac{(\% \text{ CO}_2 \text{ muestra} - \% \text{ CO}_2 \text{ ambiente}) * VEL}{100 * P * t}$$

En donde:

TR: Tasa respiratoria (mLCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>)

VEL: Volumen espacio libre (mL)= [Volumen del frasco (mL) - Volumen de los trozos de manzana (mL)].

P: Peso de los trozos de manzana (kg).

t : Tiempo transcurrido para la formación del espacio de cabeza (h).

Para transformar mL a mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> se multiplicó por 1,92 y 1,90 los datos a 5 y 8 °C, respectivamente.

### 2.5.2 Determinaciones de calidad

Por cada día de análisis se realizaron mediciones a 18 tarrinas (6 tratamientos y 3 repeticiones), con un total de 72 tarrinas por ensayo.

**2.5.2.1 Color de pulpa:** Se realizó con un colorímetro portátil triestímulo siguiendo la metodología descrita para el color de pulpa. El color fue evaluado sobre la pulpa de 4 a 5 trozos por tarrina, en dos caras para los 3 tipos de cortes, además se estableció un límite visual para cada variedad (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Límite visual de aceptabilidad en manzanas 'Red Delicious' MPF.

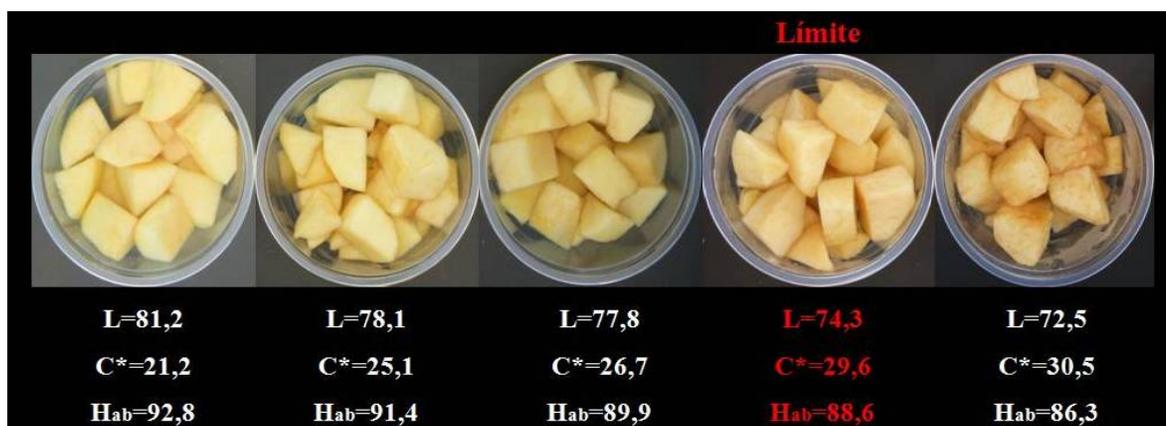


Figura 3. Límite visual de aceptabilidad en manzanas 'Cripps Pink' MPF.

**2.5.2.2 Firmeza:** Se evaluó utilizando un penetrómetro mecánico U.C. Firmness Tester (Western Industrial Supply Co., San Francisco, California, EEUU), provisto con un émbolo de acero inoxidable de 7,2 mm de diámetro. Se evaluó el ablandamiento en función del tiempo de conservación. Las mediciones se realizaron sobre la pulpa de 4 a 5 trozos por tarrina, en una sola cara para los 3 tipos de cortes.

**2.5.2.3 Concentración de sólidos solubles totales (SST):** Se utilizó la metodología descrita anteriormente para fruta entera y fue obtenida a partir de una muestra de jugo representativa de 4 a 5 trozos por tarrina. La concentración de SST se expresó en porcentaje de sólidos solubles totales.

**2.5.2.4 pH y acidez titulable:** Se utilizó la metodología descrita anteriormente para fruta entera. La muestra de jugo se obtuvo de 4 a 5 trozos por tarrina. Los resultados fueron expresados como porcentaje de ácido málico.

### **2.5.3 Determinación calidad sensorial**

Para realizar el análisis sensorial, se almacenaron 2 tarrinas de 500 mL (Ultracac sudamérica, Chile) con 300 g por tratamiento. Se utilizó el método de análisis descriptivo-cuantitativo, aplicado a un panel de 12 jueces semi-entrenados, usando una pauta no estructurada de 0 a 15 cm, donde se evaluó el pardeamiento y sabor. Para medir el parámetro de apariencia, se usó un panel de 24 personas. Las evaluaciones se realizaron en casetas personales bajo luz blanca. Las pautas de evaluación sensorial se describen en los Anexos I y II.

## **2.6 Diseño experimental y análisis estadístico**

Para cada variedad y salida, se utilizó un diseño completamente al azar con estructura factorial 3 x 2 donde el primer factor fue el tipo de corte y el segundo las temperaturas de almacenamiento. La unidad experimental para las determinaciones de calidad correspondió a una tarrina con 200 g de fruta, en cambio para la determinación de la actividad respiratoria se utilizó un frasco de vidrio con 300 g de fruta. Cada salida se consideró como una evaluación independiente y se utilizaron 3 repeticiones por tratamiento. Para el análisis estadístico de las evaluaciones sensoriales, los datos obtenidos de cada juez correspondieron a una repetición.

Los resultados se sometieron a un análisis estadístico de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95% utilizando el programa MINITAB® (Minitab Inc, 2007). En el caso de encontrar interacción entre los factores, se realizó un ANDEVA entre tratamientos, comparando medias para los niveles del factor tipo de corte para cada nivel del factor temperatura de almacenamiento y para los niveles del factor temperatura de almacenamiento para cada nivel del factor tipo de corte, utilizando la prueba de rango múltiple de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Ensayo 1 (Red Delicious)

##### 3.1.1 Tasa respiratoria

El apéndice I muestra el cambio de la tasa respiratoria de los tratamientos almacenados a 5 y 8°C, en el se aprecian interacciones entre factores durante los primeros cuatro días del ensayo. En el día 0, 4 h después del corte, los tratamientos registraron valores de 12 a 21  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ , que comparativamente fueron 3 a 4 veces más altas que la tasa de la fruta entera con 4 a 5  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ . Además, fue posible observar que los tratamientos almacenados a 8°C obtuvieron valores significativamente más altos (15 a 21  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) que sus similares almacenados a 5°C (12 a 13,5  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ). Por otro lado, se observa que rodajas a 5 y 8°C presentaron tasas significativamente mayores que el resto de los tratamientos a las mismas temperaturas. Después de 48 h, los valores de la tasa respiratoria disminuyeron a 8 a 12  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ , probablemente debido a la autorregulación de la actividad metabólica en el tejido, siendo estos los más bajos de todo el ensayo (Figura 4). A partir del cuarto día, se observó un aumento de las tasas respiratorias y al compararlas por temperaturas, los tratamientos almacenados a 5°C presentaron valores similares (10,5 a 11,8  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ), sin embargo los cubos a 8°C registraron tasas significativamente mayores (21,4  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) que rodajas y cascos a 8°C (16,6 a 13  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ). El último día de evaluación, el tipo de corte en cubos a 8°C mostró la tasa respiratoria más alta, alcanzando una producción de 37  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ , mientras que el tratamiento en cascos a 5°C presentó la menor respiración, registrando un valor de 18  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ .

En general, la fruta entera registró tasas respiratorias bajas, aproximadamente de 8 a 10  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ , mientras que trozos conservados a 8°C mostraron tasas superiores a 30  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ; a 5°C alcanzaron valores entorno a los 20  $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  al día 8. De esta forma, la tasa respiratoria se incrementó en 3,5 a 4 veces dependiendo del tipo de corte y la temperatura de almacenamiento. Watada *et al.* (1996) señalan que la tasa respiratoria de los productos MPF es mucho más alta que la de los productos enteros, en especial a temperaturas altas, como consecuencia de las heridas causadas por el procesamiento, estos daños provocan un aumento en la producción de etileno, el cual estimula la respiración.

Durante el ensayo se observó que el procesamiento y la conservación a temperaturas altas incrementaron significativamente la respiración en los tratamientos, si a esto se le agrega la creciente actividad microbiológica del producto en el transcurso del tiempo que lo conllevan al final de su vida útil (King y Bolin, 1989).

Figura 4. Evolución de la tasa respiratoria de manzanas “Red Delicious” enteras y aplicando tipos de corte (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

Como se ha mencionado, la temperatura influye sobre la velocidad de las reacciones bioquímicas en forma exponencial y puede describirse haciendo uso del cociente de temperatura  $Q_{10}$  (cociente Van't Hoff), parámetro definido como el cociente entre la velocidad de reacción a una temperatura dada y otra 10°C inferior, es decir, la velocidad de una reacción biológica aumenta de 2 a 3 veces por cada aumento de 10°C (Exama *et al.*, 1993). Aguayo *et al.* (2004) obtuvieron valores de respiración de 1,5 a 2 veces más altos en rodajas de melón conservadas a 5°C que a 0°C.

### 3.1.2 Color

En los ensayos no se utilizó ninguna técnica de conservación con antipardeantes, por lo que el daño producido por el corte afectó inmediatamente la calidad visual de los productos, siendo el pardeamiento una de las causas más importantes de deterioro. Además se realizaron mediciones el día del procesamiento (día 0) a la fruta recién cortada con el objetivo de registrar valores de referencia de los diferentes atributos que componen el color de las variedades y así realizar un análisis más completo.

**3.1.2.1 Luminosidad (L):** En la Figura 5 se observa la evolución de la luminosidad de los tratamientos almacenados a 5 y 8°C. Durante el ensayo no se registró interacción entre factores. El día 0, 30 min después del corte, se obtuvo una luminosidad promedio de 80,2, siendo la más alta durante el almacenamiento. Después de un día de conservación, se registró una caída de la luminosidad de todos los tratamientos, alcanzando valores de 72,2 a 75,2; los tratamientos en rodajas a 5 y 8°C obtuvieron los valores más bajos (72,2). En el día 3, un valor promedio de 72,5 fue registrado, valor similar al observado en la Figura 2, donde se establece un valor igual a 71,9 que limita la vida útil de estos productos. Luego la luminosidad continuó disminuyendo, llegando a un valor promedio aproximado de 68,8 al día 8. El tratamiento en cascós a 5 y 8°C, registraron los valores más bajos al final del ensayo, siendo 68,3 y 67,6, respectivamente.

En este estudio, al igual que el realizado por Son *et al.* (2001), el oscurecimiento afectó a la fruta MPF y se expresó en un descenso del valor de L, el cual tuvo una alta correlación con el pardeamiento. El valor de luminosidad es el indicador de oscurecimiento más usado durante el almacenamiento de frutas MPF, ya sea por el resultado de reacciones de oxidación o por el incremento de concentración de pigmentos (Rocha y Morais, 2003).

En el procesamiento, es fundamental que el corte se realice con cuchillas afiladas, para disminuir la velocidad de deterioro y mantener la calidad visual del producto recién cortado (Portela y Cantwell, 2001). Así, el corte en cascós a 5 y 8°C presentó una disminución más rápida de la luminosidad, con respecto a los demás tratamientos, especialmente en los 3 últimos días del ensayo (Figura 5). Esto se puede explicar por el uso del cortador en cascós, el cual no generó la misma calidad de corte que un cuchillo recién afilado, produciendo un mayor daño y por lo tanto una vida útil visual más corta del producto. Soliva-Fortuny y Martín-Belloso (2003) señalan que para obtener productos de calidad similar a la fruta entera, las lesiones en los tejidos deben ser mínimas. Kim *et al.* (1993) y Sapers *et al.* (1990) indican que la incidencia del pardeamiento en manzanas MPF está en función de la variedad. En este sentido García y Barlett (2002) mencionan algunas variedades junto con la actividad relativa de la PPO: Red Delicious 100, Mdntosh 80, Granny Smith 73, Fuji 71, Gala 48, Jonagold 43, Golden Delicious 30, Elstar 20. Además, Calderón-López *et al.* (2005) indican que la variedad Delicious presenta valores de la coordenada L más bajos respecto de otras variedades de manzana.

Figura 5. Evolución de la luminosidad (L) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

**3.1.2.2 Cromo (C\*):** La Figura 6 muestra los cambios de croma de los tratamientos almacenados a 5 y 8°C, durante 8 días. En el Apéndice III se puede observar que no hay interacción entre factores. En ella se puede apreciar que el día del procesamiento, todos los tratamientos presentaron los valores más bajos del ensayo (22 a 26). Luego, en el día 1, se observó un aumento de los valores de C\* para todos los tipos de corte conservados a ambas temperaturas, el cual fue continuo hasta el último día. De acuerdo a la Figura 6, los cascos a 5 y 8°C presentaron los valores más bajos de C\* hasta el día 3, luego el día 6 registraron un croma de 37 aproximadamente, sobrepasando a los demás tratamientos hasta el final del ensayo. Estos resultados fueron similares a los obtenidos en la Figura 2, anteriormente mencionada, donde se establece un C\* de 33,2 como límite visual para estos productos. Los

cubos a 5°C presentaron el día 6 y 8 los valores más bajos de C\* (34) durante el almacenamiento.

En este estudio, al igual que el realizado por Rocha y Morais (2003), el valor de croma aumentó con el tiempo de almacenamiento, contrariamente a lo que se observó con la luminosidad. Entonces existe la relación, que a valores bajos de L mayores son los valores de C\*. Dicho aumento se puede relacionar con los daños en los tejidos producidos por el corte, poniendo en contacto enzimas y sus substratos y, aumentando la velocidad de las reacciones bioquímicas, responsables del cambio de color (Hodges y Peter, 2008).

Figura 6. Evolución del croma (C\*) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

**3.1.2.3 Tono ( $H_{ab}$ ):** En el Apéndice IV no se aprecian interacciones entre factores durante el ensayo. En el día 0, una lectura promedio de 99,5 se registró para todos los tratamientos a ambas temperaturas de almacenamiento, siendo el más alto durante el estudio (Figura 7). Los cascos a 5 y 8°C mostraron los valores más altos (100,4 y 100,8 respectivamente). Luego, el día 1 registró una marcada disminución del tono en todos los tratamientos llegando a valores de 89,3 a 90,8. En los días posteriores se logró una estabilización, observándose mínimas variaciones en los valores de  $H_{ab}$  hasta el final del ensayo donde se registró el tono promedio más bajo (88,1).

Figura 7. Evolución del tono ( $H_{ab}$ ) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

En general, los valores de  $H_{ab}$  disminuyeron a través del tiempo como muestra la Figura 7. Esto fue similar a la pérdida de luminosidad de los tratamientos durante el almacenamiento. Entonces, se puede indicar que el pardeamiento que afectó a los trozos de manzana, se

expresó en un descenso en los valores de L y H<sub>ab</sub> (Perez-Gago *et al.*, 2006; Soliva-Fortuny *et al.*, 2001). Como ya se mencionó, el valor de luminosidad es el indicador de oscurecimiento más usado durante el almacenamiento de frutas MPF, ya sea por el resultado de reacciones de oxidación o por el incremento de concentración de pigmentos (Rocha y Morais, 2003). Mientras que el valor de tono representa el color verdadero, el cual es efectivo para visualizar el color de apariencia de los productos alimenticios (McGuire, 1992).

### 3.1.3 Firmeza

El día 1 se obtuvieron los valores más altos de firmeza (1,8 a 2,1 kg-f) para todos los tratamientos (Figura 8). Las rodajas a 5 y 8°C presentaron firmezas cercanas a 2,1 kg-f. Estos valores fueron significativamente mayores que cascos a 5 y 8°C, que registraron valores de 1,9 y 1,8 kg-f respectivamente. Luego, las firmezas disminuyeron hasta el final del periodo de conservación. Después de 8 días, los cascos a 5 y 8°C tuvieron las firmezas más bajas, siendo 1,4 y 1,2 kg-f respectivamente, mientras que el corte en rodajas presentó un valor de 1,7 kg-f para ambas temperaturas.

Al comparar los resultados según el tipo de corte, se observó que los cascos a ambas temperaturas mantuvieron firmezas significativamente bajas durante todo el ensayo, con un valor promedio de 1,5 kg-f. En cambio cubos y rodajas mostraron un comportamiento similar entre sí, con valores promedios de 1,8 y 1,9 kg-f. Aguayo *et al.* (2004) y Rivera-López *et al.* (2005), indican que además de la temperatura también influye el tipo de corte en las características de firmeza del producto. Como se señaló anteriormente en luminosidad (Sección 3.1.2.1), el uso del cortador en cascos generó mayor daño que un cuchillo recién afilado, reduciendo la vida útil del producto. En este sentido, Arias (2007) menciona que los daños producidos por el corte favorecen la descompartimentación celular, favoreciendo la difusión de enzimas pectinolíticas y proteolíticas hacia el interior de los tejidos contribuyendo al rápido deterioro de la fruta pelada y cortada.

Es importante mencionar que la variedad está relacionada con la firmeza del producto, tal como lo indican Calderón-López *et al.* (2005) que en rodajas de la variedad Delicious conservadas a 0,5°C obtuvieron una menor firmeza (7,6 kg-f) que la variedad Law Rome (10 kg-f).

Normalmente, la temperatura de almacenamiento influye sobre la firmeza de manzanas MPF, pero en este ensayo, al comparar los valores obtenidos por temperaturas no se observaron diferencias significativas.

Figura 8. Evolución de la firmeza (kg-f) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

#### 3.1.4 Concentración de sólidos solubles totales (SST)

En la Figura 9 se presenta la evolución de los SST de los tratamientos almacenados durante 8 días. En el Apéndice VI se puede observar que existe interacción entre factores desde el día 3. Al comparar los tratamientos por temperatura, se observa que los cascos a 5 y 8°C presentaron valores significativamente más altos, registrando entre 12,8 y 13,5%, que cubos almacenados a 5 y 8°C (11,2 a 12,4%). Según la Figura 9, los SST presentaron una tendencia a disminuir a través del tiempo, lo que podría atribuirse al consumo de hidratos de carbono en la respiración, relacionado como respuesta al daño producido por el corte

(Aguayo, 2003). Sin embargo, se observó que los valores no variaron drásticamente a lo largo del tiempo, registrando en general una disminución de un 5,5%.

Figura 9. Evolución de la concentración de sólidos solubles totales (%) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

### 3.1.5 pH

En el Apéndice VII es posible observar que hubo interacción entre factores durante el ensayo, además los cascotes almacenados a 8°C presentaron valores significativamente mayores (3,9 a 4,4) que cubos y rodajas (3,7 a 4,2) a la misma temperatura. Por otro lado, los tratamientos almacenados a 5°C no registraron diferencias significativas. Al realizar

comparaciones por tipos de corte, se observó que los tratamientos almacenados a 5°C presentaron valores significativamente mayores con respecto a su similar almacenado a 8°C, mostrando una influencia significativa de la temperatura sobre los cambios de pH en los tratamientos. La Figura 10, muestra una disminución de los valores a través del tiempo, especialmente en los tratamientos almacenados a 8°C. Así, el tratamiento en cubos a 8°C presentó el pH más bajo del ensayo, registrando un valor de 3,7, el día 8. A mayor temperatura de almacenamiento, mayor fue la disminución del pH en manzanas MPF.

Figura 10. Evolución del pH de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

### 3.1.6 Acidez titulable

Los tratamientos almacenados a 8°C presentaron una acidez significativamente más alta (0,17 a 0,21 %) que sus similares a 5°C (0,15 a 0,17 %). Por otra parte, los cascos a 5 y 8°C presentaron valores significativamente más bajos durante el ensayo (0,12 a 0,17 %) en comparación con los tratamientos almacenados a las mismas temperaturas, observándose claramente una influencia del tipo de corte sobre la acidez titulable (Apéndice VIII). Las rodajas a 8°C registraron valores significativamente más altos, principalmente el octavo día. En general los tratamientos presentaron un incremento de un 18% a lo largo del ensayo (Figura 11).

Figura 11. Evolución de la acidez titulable (% ácido málico) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

### 3.1.7 Análisis sensorial

La evolución de los parámetros sensoriales de manzanas “Red Delicious” MPF almacenadas a 5 y 8°C se presenta en la Figura 13. No hubo interacción entre factores sobre los parámetros de apariencia, pardeamiento y sabor. Al comparar la apariencia por tipos de corte, se pudo observar que los tratamientos en rodajas a 5 y 8°C presentaron los valores más altos, promediando entre 6,1 y 8 durante el ensayo. En cambio, los tratamientos en cubos y cascos a 5 y 8 °C mostraron valores entre 4,5 y 6 (Apéndice IX). De acuerdo con la Figura 13A, la apariencia disminuyó en el tiempo, mostrando desde el inicio valores menores a 7,5 (límite de aceptabilidad), lo cual indica que el producto fue calificado con una mala apariencia. Estos datos fueron similares a los observados en la Figura 2 donde se determinó el día 3 como límite visual de aceptabilidad (L: 71,9 y H<sub>ab</sub>: 89,6).

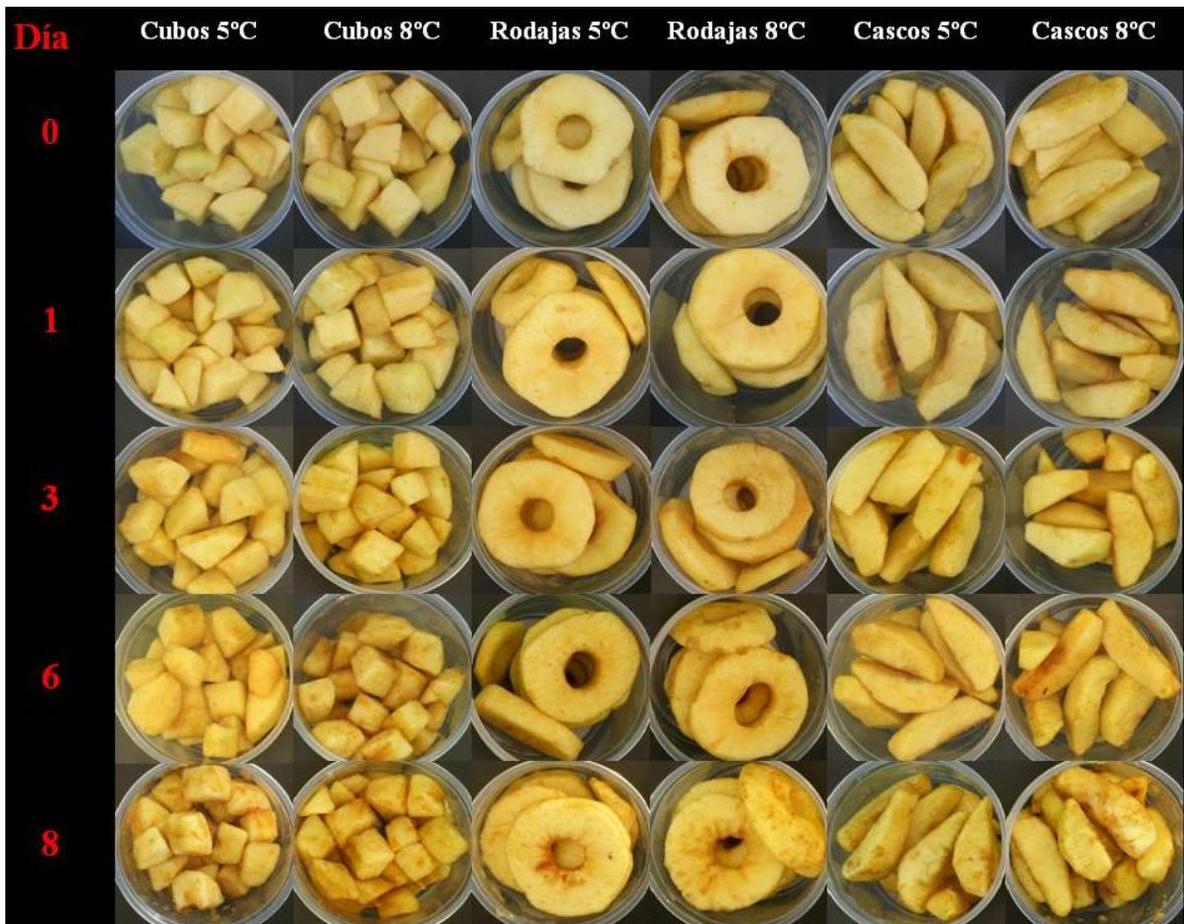


Figura 12. Evolución del pardeamiento en manzanas “Red Delicious” MPF almacenadas a 5 y 8°C durante 8 días.

En pardeamiento se observaron diferencias entre tipos de corte. Las rodajas a 5 y 8°C presentaron valores significativamente más bajos (7,6 a 10,2) que los cascos y cubos almacenados a 5 y 8°C (9,7 a 12,4) durante el ensayo (Apéndice X). La Figura 13B muestra que el pardeamiento fue alto desde el día 1, sobrepasando el límite de aceptabilidad ya

mencionado, por lo que se hace necesario el uso de otras técnicas como prevención del pardeamiento y así mejorar la estabilidad de estos productos durante el almacenamiento.

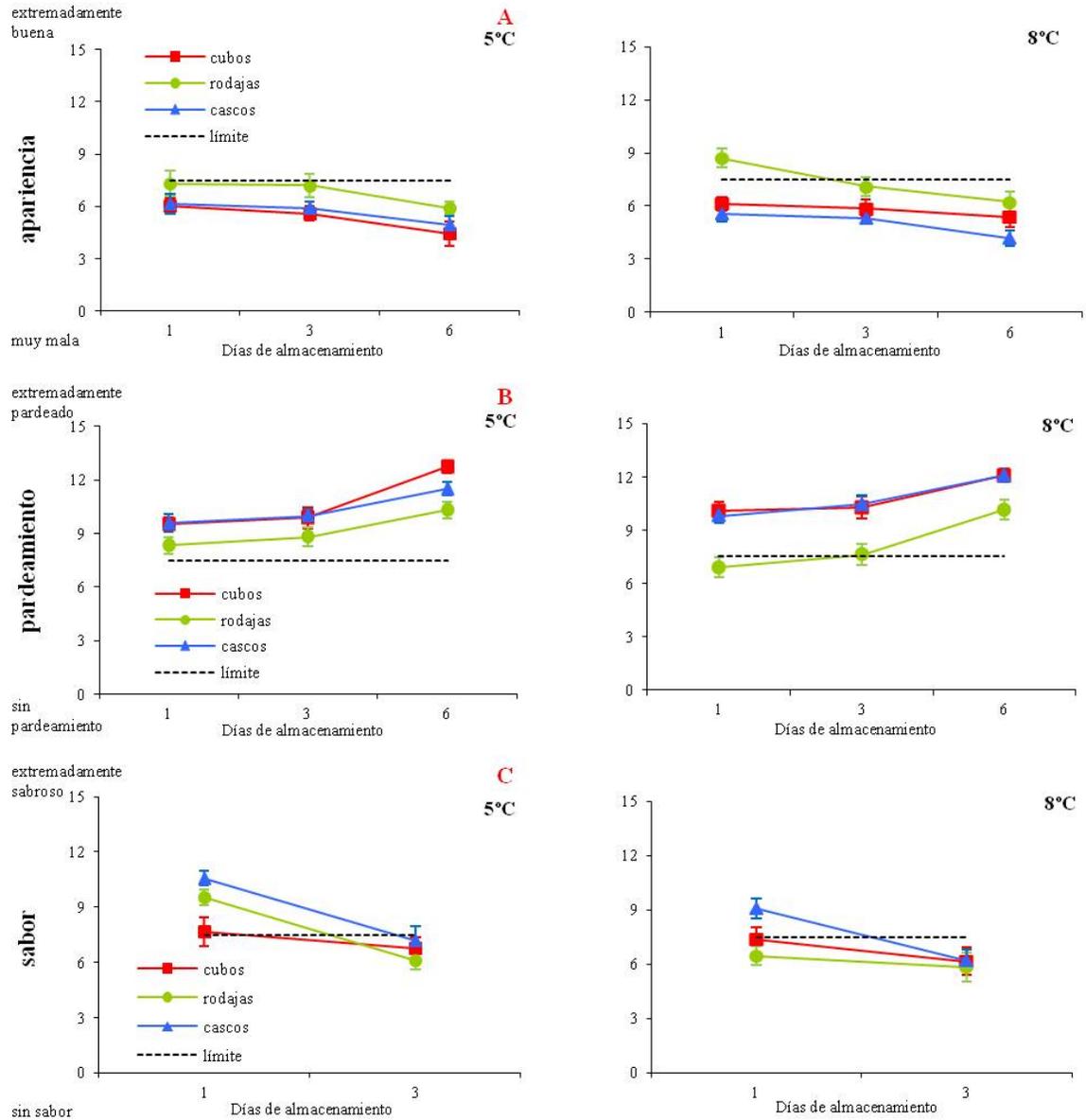


Figura 13. Evolución de diferentes parámetros sensoriales en manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Apariencia (A), pardeamiento (B) y sabor (C). Apariencia: 0=muy mala; 7,5=me es indiferente; 15=extremadamente buena. Pardeamiento: 0=sin pardeamiento; 15=extremadamente pardeado. Sabor: 0= sin sabor; 15=extremadamente sabroso. Medias (n=12) con error estándar.

El sabor no mostró diferencias significativas, sin embargo los cascos a 5 y 8°C presentaron valores desde 6,7 hasta 9,8, siendo más altos que las rodajas (6 a 8) y cubos (6,5 a 7,5) almacenados a iguales temperaturas (Apéndice XI).

Los resultados indican que desde el primer día de evaluación la calidad sensorial se vio afectada, situándose prontamente en la zona de rechazo, es decir, entre 0 y 7,5 para la apariencia y el sabor, y entre 7,5 y 15 para el pardeamiento. Esto a causa del deterioro que sufren los tejidos tras el procesamiento, acelerando las reacciones bioquímicas asociadas a cambios de color (incluyendo el pardeamiento), sabor, textura y calidad nutricional. Una posibilidad para mantener la calidad de manzanas MPF es el uso de aditivos químicos y/o el almacenamiento en atmósfera modificada.

## 3.2 Ensayo 2 (Cripps Pink)

### 3.2.1 Tasa Respiratoria

En el apéndice XII se presentan los valores de las tasas respiratorias de cada tratamiento por 8 días a 5 y 8°C. En los días 0 y 1, los tratamientos mostraron tasas respiratorias similares, con valores entre 26 y 31 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> aproximadamente. La fruta entera registró tasas iniciales de 8,1 y 8,9 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> a 5 y 8°C, respectivamente (Figura 14). Después de 24h del procesamiento, los tratamientos mostraron una disminución constante de las tasas respiratorias, llegando a valores entre 14,4 y 23,9 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> el día 3, siendo los más bajos del ensayo. A partir del día 4, se puede apreciar que hubo interacción entre factores, así los tratamientos a 8°C presentaron tasas respiratorias significativamente más altas que sus similares almacenados a 5°C (Apéndice XII). Al igual que el ensayo realizado con Red Delicious se observó una alza en la respiración, siendo mayor en los tratamientos almacenados a 8°C (26,8 a 38,8 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), en cambio los cortes conservados a 5 °C registraron valores entre 21,7 y 27,2 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>. Por otro lado, el alza de respiración para la fruta entera ocurrió el día 2, registrando tasas de 16,2 y 18,7 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> a 5 y 8°C, respectivamente. A partir del sexto día, las tasas respiratorias aumentaron hacia el final del periodo de conservación, siendo los cortes almacenados a 8°C los que presentaron los valores más altos (33,2 a 45,9 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), indicando un metabolismo más alto y mayor deterioro. La fruta entera registró una estabilización de la respiración, mostrando tasas entre 8,5 y 13,4 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> hasta el final del ensayo.

Los resultados de este ensayo demuestran la relevancia de las bajas temperaturas para la reducción de la tasa respiratoria, puesto que los diferentes tratamientos almacenados a 8°C presentaron valores hasta un 50% más alto que los valores a 5°C, dependiendo del tipo de corte. Así, fue posible observar que el tratamiento en rodajas almacenado a 5°C mostró las tasas respiratorias más bajas a partir del día 1, promediando un valor aproximado de 21 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>. Por el contrario, valores cercanos a 34 y 32 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> se observaron en los cortes en cubos y cascos a 8°C, mostrando las tasas respiratorias más altas durante esta investigación. En la mayoría de los tratamientos, la tasa respiratoria máxima se observó el día 4, siendo cortes en cubos y cascos a 8°C los que tuvieron las respiraciones más altas, con valores de 38,8 y 31,5 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, respectivamente.

Figura 14. Evolución de la tasa respiratoria de manzanas “Cripps Pink” enteras y aplicando tipos de corte (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

### 3.2.2 Color

**3.2.2.1 Luminosidad (L):** En la Figura 15 se presentan los cambios de luminosidad de los tratamientos a 5 y 8°C durante 8 días de almacenamiento. En el día 0, los valores fueron de 76,2 a 78,9 en los tratamientos conservados a ambas temperaturas. En el tercer día, las rodajas a 8°C registraron valores significativamente menores (76,3), con respecto a cascotes y cubos almacenados a 8°C. Los tratamientos almacenados a 5°C no presentaron diferencias significativas (Apéndice XIII).

Como se observa en la Figura 15, la luminosidad de todos los tratamientos disminuyó a través del tiempo, sin embargo se mantuvieron sobre 74,3 que es el límite visual establecido en la Figura 3. Solo los tratamientos en cubos y rodajas almacenados a 8°C, se situaron bajo este límite el último día. En general, los cortes almacenados a 8°C presentaron menor luminosidad hacia el final del ensayo, que los tratamientos conservados a 5°C, aunque estas diferencias no fueron significativas.

Como se mencionó anteriormente, es importante considerar la variedad a utilizar en el MPF. Según los resultados, se podría decir que la variedad “Cripps Pink” es poco susceptible al pardeamiento enzimático, debido al leve descenso del valor L en todos los tratamientos durante el almacenamiento. En promedio la luminosidad disminuyó un 4% con respecto al día 0, en comparación a Red Delicious que tuvo una caída de un 14% en sus valores. Además Cripps Pink presentó una luminosidad promedio de un 8% más alta que Red Delicious el octavo día.

Figura 15. Evolución de la luminosidad (L) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

**3.2.2.2 Croma (C\*):** La evolución del croma en manzanas MPF almacenadas a 5 y 8°C durante 8 días, se muestra en la Figura 16. En el día 0 se observaron los valores más bajos del ensayo para cada tratamiento (25,1 a 27,4). Luego, mostraron una tendencia a aumentar, lo cual se observó claramente en los cortes almacenados a 8°C, que presentaron cromas significativamente mayores (Figura 16, Apéndice XIV). El tratamiento en rodajas a 8°C presentó los valores más altos (28,9 a 31,1), mientras que cascos a 5°C obtuvieron valores más bajos (26,7 a 28,9). Los días 6 y 8 registraron valores promedio de 28,3 y 29,7, respectivamente. Estos resultados fueron similares a los presentados en la Figura 3, donde se establece en el día 6 (C\*: 29,6) una línea que limita la vida útil visual de los tratamientos.

De acuerdo a lo observado, se puede indicar que, a valores bajos de L se presentaron valores altos de C\*, relación que se observó en rodajas a 8°C, presentando un mayor pardeamiento en comparación con los demás tratamientos durante el almacenamiento.

Figura 16. Evolución del croma (C\*) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

**3.2.2.3 Tono ( $H_{ab}$ ):** La Figura 17 muestra que el día del procesamiento presentó los tonos más altos (89,9 a 92,4). Luego se observó un descenso de los valores, aunque este no fue diferente significativamente entre tratamientos (Apéndice XV). Durante los días 6 y 8, solo los tratamientos en cubos y rodajas a 8°C obtuvieron valores inferiores a 88,6, valor que establece un límite visual de la vida útil de manzanas Cripps Pink MPF (Figura 3). Al final del ensayo, luego de 8 días en almacén, se observaron valores de tono entre 87,4 y 89,3, siendo los más bajos del estudio.

Figura 17. Evolución del tono ( $H_{ab}$ ) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

### **3.2.3 Firmeza**

En la Figura 18 se presenta la evolución de la firmeza de manzanas MPF almacenadas a 5 y

8°C durante 8 días. En ella se observa que no hubo una pérdida significativa de la firmeza durante todo el ensayo, oscilando entre 3,3 y 3,9 kg-f (Apéndice XVI). Es importante mencionar que la variedad está relacionada con la firmeza del producto. Cripps Pink mostró un mejor comportamiento frente a la pérdida de firmeza, disminuyendo en un 8% sus valores, mientras que en Red Delicious fue un 25%. De acuerdo con los resultados obtenidos, Cripps Pink respondió bien al MPF y posterior almacenamiento a bajas temperaturas.

Figura 18. Evolución de la firmeza (kg-f) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

#### 3.2.4 Concentración de sólidos solubles totales (SST)

La Figura 19 muestra la evolución de los SST de manzanas MPF almacenadas a 5 y 8°C, en ella se observa que la concentración de SST de cubos a 5 y 8°C y cascos a 8°C se mantuvo

relativamente estable durante el ensayo con valores cercanos a 12,6%. En cambio, el resto de los tratamientos presentaron un alza en los valores, aproximadamente en un 5% el día 3, para luego lograr una estabilidad durante las siguientes evaluaciones. Las rodajas a 5 y 8°C tuvieron valores entre 12,1 y 13%. El tratamiento en cascos a 5°C mostró valores entre 12,6 y 13,3%.

Figura 19. Evolución de la concentración de sólidos solubles totales (%) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

### 3.2.5 pH

Los cambios del pH de los distintos tratamientos almacenados a 5 y 8°C se muestran en la Figura 20. Se observa una disminución en los valores de pH durante el ensayo y no se registraron diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice XVIII). En general,

mostraron valores entre 3,6 y 3,8, a excepción del tratamiento en cascós a 5°C que presentó lecturas entre 3,7 y 3,9 durante el almacenamiento.

Figura 20. Evolución del pH de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascós, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

### 3.2.6 Acidez titulable

En la Figura 21 se observa la evolución de la acidez titulable de tratamientos almacenados a 5 y 8°C. Durante el ensayo no se observaron diferencias entre tratamientos, excepto el día 1, donde rodajas a 5 y 8°C presentaron valores significativamente menores con 0,33% (Apéndice XIX). El día 3, el tratamiento en rodajas a 8°C presentó un alza, aumentando la acidez de 0,33% a 0,4%. En cambio, el resto de los tratamientos presentaron valores cercanos a 0,36%. Al final del ensayo, rodajas y cascós a 8°C mostraron los valores más

altos, con una lectura aproximada de 0,43%. Cripps Pink mostró valores 2 veces mayores que Red Delicious durante el ensayo, sin embargo el aumento de la acidez fue similar en ambas variedades, con un 15 y 18% respectivamente.

Figura 21. Evolución de la acidez titulable (%) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con error estándar.

### **3.2.7 Análisis sensorial**

En apariencia se observaron valores cercanos a 11 el día 1, luego disminuyeron con el tiempo (Figura 23A). El día 6, el panel aprobó con indiferencia la apariencia de los tratamientos ya que los resultados obtenidos fueron cercanos a 7,5 de una escala de 0 a 15, donde 0 es “muy mala”, 15 es “extremadamente buena” y 7,5 es “me es indiferente”. Estos datos coinciden con lo observado en la Figura 3 que determina el día 6 de almacenamiento

como límite para su comercialización (L: 74,3 y  $H_{ab}$ : 88,6). El octavo día presentó los valores más bajos del ensayo, promediando un valor de 5,6. Los cascos a 5°C presentaron valores significativamente menores (4,9) con respecto a cubos (6,8) y rodajas (6,7) almacenados a la misma temperatura (Apéndice XX). Las rodajas a 8°C presentaron la menor apariencia del ensayo con un valor de 4,4. En las Figuras 22 y 23B es posible observar el aumento del pardeamiento desde el primer día, donde se registraron valores iniciales entre 2,3 y 4,8. El día 6 presentó valores cercanos a 7,5 (límite), siendo similares a los valores obtenidos en la Figura 3 anteriormente mencionada. Luego, al comparar los tratamientos por tipos de corte, las rodajas a 5 y 8°C mostraron valores significativamente mayores, con 9,6 y 11,5, respectivamente (Apéndice XXI). Los cascos a 5°C registraron un valor promedio de 7,2, siendo el más bajo el octavo día.

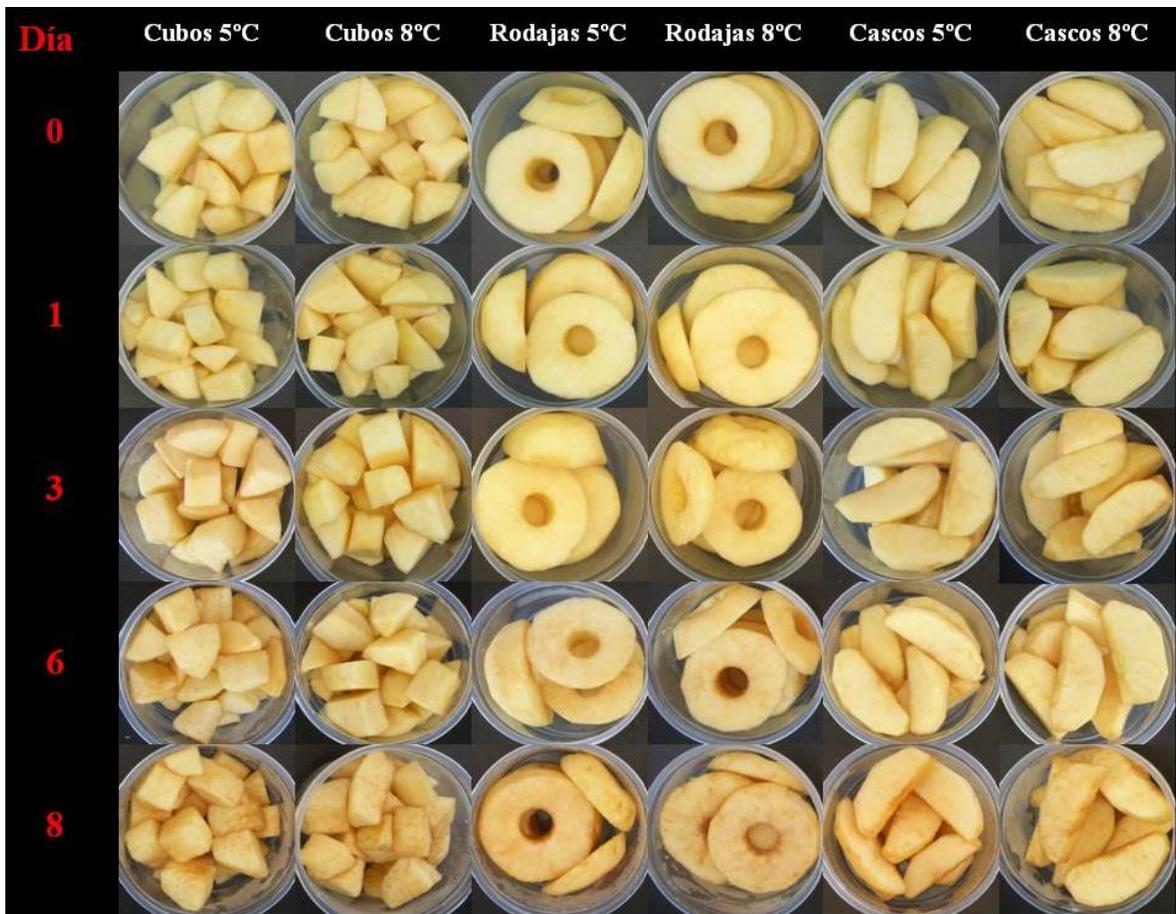


Figura 22. Evolución del pardeamiento en manzanas “Cripps Pink” MPF almacenadas a 5 y 8°C durante 8 días.

En sabor no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice XXII). El día 1, se registraron valores entre 10,6 y 12,1. Luego disminuyeron a través del tiempo, sin embargo la mayoría de los tratamientos mostraron valores superiores a 7,5 (límite) durante todo el ensayo (Figura 23C).

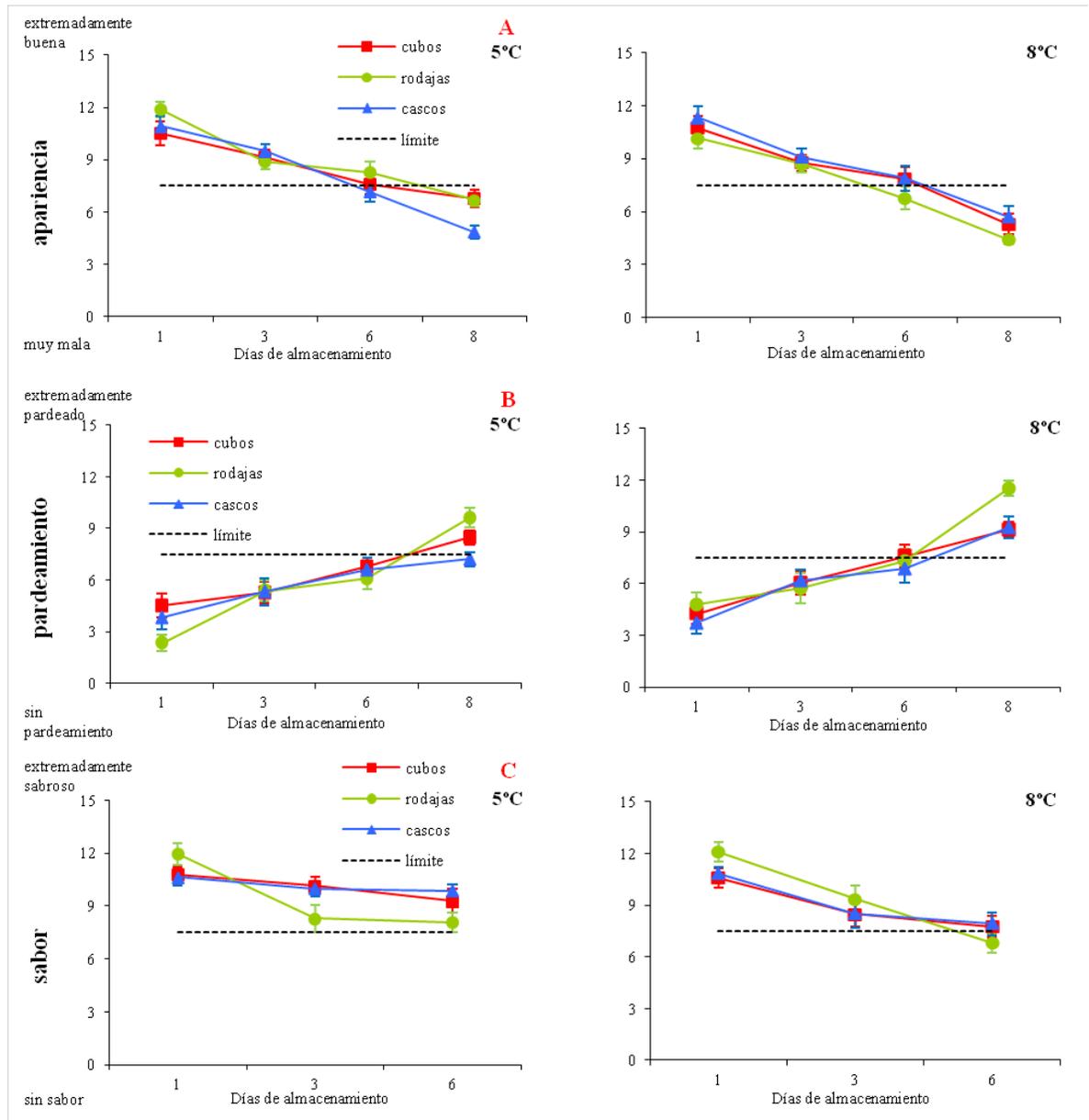


Figura 23. Evolución de diferentes parámetros sensoriales en manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Apariencia (A), pardeamiento (B) y sabor (C). Apariencia: 1=muy mala; 7,5=me es indiferente; 15=extremadamente buena. Pardeamiento: 1=sin pardeamiento; 15=extremadamente pardeado. Sabor: 1= sin sabor; 15=extremadamente sabroso. Medias (n=12) con error estándar.

## 4. CONCLUSIONES

### 4.1 Ensayo 1 (Red Delicious)

El mayor grado de corte (cubos) y el almacenamiento a 8°C provocaron un aumento significativo de la tasa respiratoria. La diferencia de la tasa respiratoria entre los trozos de manzana y la fruta entera es una consecuencia del mínimo procesamiento.

Tomando en consideración los resultados obtenidos se puede concluir que la utilización de bajas temperaturas, no es suficiente para mantener la calidad del producto por un periodo mínimo de 8 días.

La harinosidad es un factor importante que se debe considerar al trabajar con esta variedad, por lo que se recomienda realizar el procesamiento durante los primeros meses de almacenamiento junto con la aplicación de tratamientos que retrasen la pérdida de firmeza como la utilización de sales de calcio.

Para que la calidad visual no se vea afectada, se aconseja la realización de estudios utilizando diferentes antipardeantes, tanto en forma individual como combinada en distintas concentraciones, ya que la variedad Red Delicious es sensible al pardeamiento enzimático, por la alta actividad de la PPO.

Para la elaboración de manzanas Red Delicious MPF se recomienda el tipo de trozo en cascós almacenado a 5°C, solo si se complementa con las diferentes tecnologías de conservación ya mencionadas.

## 4.2 Ensayo 2 (Cripps Pink)

La tasa respiratoria se ve influenciada tanto por el tipo de corte como por la temperatura de almacenamiento. A mayor grado de corte y mayor temperatura se registraron altas tasas respiratorias. Así los cubos a 8°C presentaron los valores más altos.

Para la elaboración de manzanas Cripps Pink MPF se recomienda el tipo de trozo en rodajas almacenadas a 5°C, ya que presenta la menor tasa respiratoria durante el almacenamiento.

Esta variedad presenta una leve disminución en los parámetros luminosidad y firmeza, aún sin el apoyo de otras tecnologías de conservación, se mantiene la calidad del producto durante casi todo el ensayo, siendo una opción para el desarrollo de manzanas MPF. No obstante se recomienda el uso de métodos alternativos para complementar la refrigeración (antipardeantes, sales de calcio, EAM, etc.), con el fin de extender la vida útil y periodo de comercialización de estos productos a un tiempo mayor a 8 días.

## BIBLIOGRAFÍA

Abeles, F.B., P.W. Morgan and M.E. Saltveit. 1992. Ethylene in plant biology. Second edition. Academic Press, San Diego. 414p.

Aguayo, E. 2003. Innovaciones tecnológicas en la conservación de melón y tomate procesado en fresco. Tesis doctoral Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola. Cartagena. España. 425p.

Aguayo, E., V. Escalona and F. Artés. 2004. Metabolic behavior and quality changes of whole and fresh processed melon. *Journal of Food Science* 69:149-155.

Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology* 7:179-186.

Amiot, M.J., M. Tacchini, S.Y. Aubert and W. Oleszek. 1995. Influence of cultivar, maturity stage, and storage conditions on phenolic composition and enzymatic browning in pear fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43:1132-1137.

Arias, E. 2007. Pera en cuarta gama: Diseño del proceso y estudio de los mecanismos de control del pardeamiento enzimático. Memoria para optar al Grado de Doctor. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. 397p.

Ayhan, Z., G.W. Chism and E.R. Richter. 1998. The shelf life of minimally processed fresh-cut melons. *Journal of Food Quality* 21:29-40

Brecht, J. 1995. Physiology 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.

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

Cantwell, M. and T. Suslow. 2002. Postharvest handling systems: Minimally processed fruits and vegetables. *In: Kader, A.A. (Ed.) Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Third edition. Publ. 3311. University of California. pp. 445-463.

Escalona, V., E. Aguayo, F. Artés-Hernández and F. Artés. 2003. Designing a diffusion membrane system for modified atmosphere storage of fruits and vegetables at pallet scale. The case of bell pepper. International Congress of Refrigeration. Publicación formato CD.

Escalona, V., E. Aguayo, F. Artés-Hernández and F. Artés. 2005. Modeling of a modified atmosphere packaging system at commercial pallet scale for bell pepper. *In*: International Conference on Latest Developments in Refrigerated Storage, Transportation and Display of Food Product. Amman Jordan. 28-30 March.

Escalona, V., E. Aguayo and F. Artés. 2006. Quality changes of intact and sliced fennel stored under different atmospheres. *Postharvest Biology and Technology* 41:307-316.

Escalona, V., A. Lizana y L. Luchsinger. 2008. Efecto del envasado en atmósfera modificada sobre la calidad y la conservación de frutas y hortalizas. *Revista Aconex* (98):18-23.

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

Fonseca, S.C., A.R. Oliveira and J.K. Brecht. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering* 52:99-119.

García, E. and D. Barret. 2002. Preservative treatments for fresh-cut and vegetables. *Science Technology and Market* 3:75-77.

Gil, M.I., J.R. Gorny and A.A. Kader. 1998. Responses of 'Fuji' apple slices to ascorbic acid treatments and low-oxygen atmospheres. *HortScience* 33:305-309.

González-Aguilar, G.A., S. Ruiz-Cruz, R. Cruz-Valenzuela, A. Rodríguez-Félix and C.Y. Wang. 2004. Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agents. *37(3):369-379*.

Gorny, J.R. and A.A. Kader. 1996. Fresh-cut fruit products. *In*: Cantwell, M. (Ed.) *Fresh-cut products: Maintaining quality and safety*. Postharvest Horticulture Series. No. 10. University of California. pp. 1-14.

Gunes, G., C.B. Watkins and J.H. Hotchkiss. 2001. Physiological responses of fresh-cut apple slices under high CO<sub>2</sub> and low O<sub>2</sub> partial pressures. *Postharvest Biology and Technology* 22:197-204.

Hodges, D. and M. Peter. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biology and Technology* 48:155-162.

- Huxsoll, C.C. and H.R. Bolin. 1989. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 43:124-128.
- Kader, A.A., D. Zagory and E.L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Food Science and Nutrition* 28:1-27.
- Kays, S.J. 1991. Metabolic processes in harvested products. *In: Postharvest physiology of perishable plant products*. Avi Book, New York. pp. 75-142.
- Kim, D., N. Smith and C. Lee. 1993. Apple cultivar variations in response to heat-treatment and minimal processing. *Journal of Food Science* 58:1111-1113.
- King, A. and H.R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 43:132-139.
- López, M. y J. Moreno. 1994. IV Gama en España. *Hortofruticultura* 3:33-35.
- Martínez-Navarrete, N., M. del Mar Camacho and J.J. Martínez. 2008. The bioactive compounds of fruits and their effects on health. *Actividad Dietética* 12:64-68.
- Martínez-Sánchez, A., A. Allende, Y. Cortés-Galera and M.I. Gil. 2008. Respiration rate response of four baby Brassica species to cutting at harvest and fresh-cut washing. *Postharvest Biology and Technology* 47:382-388.
- McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27:1254-1255.
- Nicoli, M.C., M. Anese and C. Severini. 1994. Combined effects in preventing enzymatic browning reactions in minimally processed fruit. *Journal of Food Quality* 17:221-229.
- Nithiya, R., L. Yuen, W. Tianxia and A. Watada. 2001. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. *Hortscience* 36:1091-1095.
- O'Beirne, D. 1990. Some effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging in combination with antioxidants on quality and storage-life of ready-to-use chilled apple slices. *In: Zeuthen, P., C. Eriksson, T.R. Gormley, P. Linko and K. Paulus. (Eds.). Processing and Quality of Foods. Vol. 3. Elsevier, New York. pp. 221-229.*
- OMS. Organización Mundial de la Salud. 2003. Dieta, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas. Informe de una Consulta Mixta de Expertos de OMS/FAO sobre Régimen Alimentario, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas. OMS, Serie de Informes Técnicos 916.
- Perez-Gago, M.B., M. Serra and M.A. del Río. 2006. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. *Postharvest Biology and Technology* 39(1):84-92.

- Portela, S. and M. Cantwell. 2001. Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science* 66:1265-1270.
- Qi, L., T. Wu and A. Watada. 1999. Quality changes of fresh-cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. *Journal of Food Quality* 22:513-521.
- Reid, M.S. and M. Serek. 1999. Modified atmosphere packaging. *In: Guide to food transport controlled atmosphere*. Mercantila Publishers, Copenhagen. pp. 33-38.
- Rivera-López, J; F. Vázquez-Ortiz; F. Ayala-Zavala; R. Sotelo-Mundo and González-Águilar. 2005. Cutting shape and storage temperature affect overall quality of fresh-cut papaya. *Journal of Food Science* 70(7):482-489.
- Rocculi, P., S. Romani and M. Dalla Rosa. 2004. Evaluation of physicochemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. *Food Research International* 37:329-335.
- Rocha, A. and A. Morais. 2000. Effects of controlled atmosphere on quality of minimally processed apple (cv. Jonagored). *Journal of Food Processing and Preservation* 24:435-451.
- Rocha, A. and A. Morais. 2001. Polyphenoloxidase activity and total phenolic content as related to browning of minimally processed “Jonagored” apple. *Journal of the Science of Food and Agricultural* 82:120-126.
- Rocha, A. and A. Morais. 2003. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes. *Food Control* 14:13-20.
- Rocha, A. and A. Morais. 2007. Role of minimally processed fruit and vegetables on the diet of the consumers in the XXI century. *Acta Horticulturae* 746:265-272.
- Rosen, J.C. and A. Kader. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *Journal of Food Science* 54:656-659.
- Sapers, G., L. Garzarella and V. Pilizota. 1990. Application of browning inhibitors to cut apple and potato by vacuum and pressure infiltration. *Journal of Food Science* 55:1049-1053.
- Schlimme, D. 1995. Marketing lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30:15-17.
- Silveira, A.C. 2009. Técnicas ecoinnovadoras para elaborar melón galia mínimamente procesado en fresco. Tesis doctoral Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola. Cartagena. España. 380p.

- Soliva-Fortuny, R.C., N. Alòs-Saiz, A. Espachs-Barroso and O. Martín-Belloso. 2004. Influence of maturity at processing on quality attributes of fresh-cut Conference pears. *Journal of Food Science* 69(7):290-294.
- Soliva-Fortuny, R.C., N. Grigelmo-Miguel, I. Hernando, M.A. Lluch and O. Martín-Belloso. 2002b. Effect of minimal processing on the textural and structural properties of fresh-cut pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82:1682-1688.
- Soliva-Fortuny, R.C., N. Grigelmo-Miguel, I. Odriozola-Serrano, S. Gorinstein and O. Martín-Belloso. 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-Fortuny, R.C., M.A. Lluch, A. Quiles, N. Grigelmo-Miguel and O. Martín-Belloso. 2003. Evaluation of textural properties and microstructure during storage of minimally processed apples. *Journal of Food Science* 68(1):312-317.
- Soliva-Fortuny, R. and O. Martín-Belloso. 2003. New advances in extending the shelflife of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology* 14:341-353.
- Soliva-Fortuny, R.C., G. Oms-Oliu and O. Martín-Belloso. 2002a. Effects of ripeness stages on the storage atmosphere, color, and textural properties of minimally processed apple slices. *Journal of Food Science* 67:1958-1963.
- Son, S., K. Moon and C. Lee. 2001. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apples slices. *Food Chemistry* 73:23-30.
- Watada, A., K. Abe and N. Yamuchi. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology* 44:116-122.
- Watada, A., N. Ko and D. Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology* 9:115-125.
- Watada, A. and L. Qi. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 15:201-205.
- Wiley, R.C. 1994. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Chapman and Hall, London. 368p.

**ANEXOS**

**Anexo I.** Planilla de evaluación de calidad sensorial para panel no entrenado.

**Evaluación de calidad panel no entrenado.**

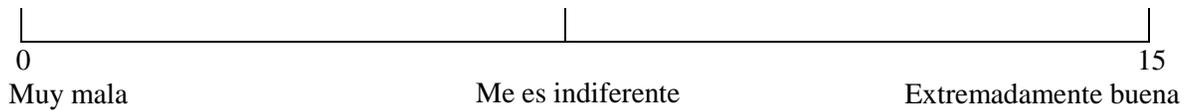
Nombre:..... Fecha:.....

**Instrucciones:** Por favor, indique con una línea vertical la apariencia para cada una de ellas.

Muestra N° \_\_\_\_

**Aspecto visual**

*Apariencia*



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

**Anexo II.** Planilla de evaluación de calidad sensorial para panel entrenado.

**Evaluación de calidad panel entrenado.**

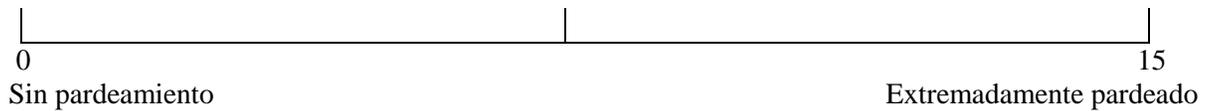
Nombre:..... Fecha:.....

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

Muestra N° \_\_\_\_

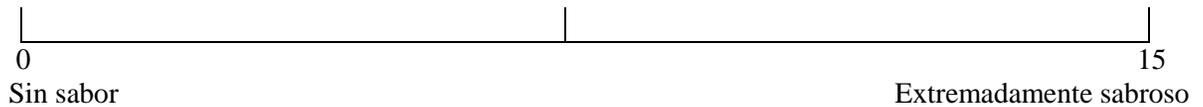
**Aspecto visual**

*Pardeamiento*



**Aspecto gustativo**

*Sabor*



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

## APÉNDICES

**Apéndice I.** Tasas respiratorias de manzanas “Red Delicious” enteras y MPF almacenadas durante 8 días a 5 y 8°C. Medias (n=3) con el error estándar.

Tasas Respiratorias (mgCO <sub>2</sub> k <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )									
Día									
	0	1	2	3	4	6	7	8	
<b>Tipo Corte (TC)</b>									
Cubos	14,3	16,1	10,2	15,6	16,1	22,1 b	26,1 b	29,3	
Rodajas	17,3	15,4	11,1	14,2	14,2	19,5 b	23,4 ab	26,9	
Cascos	13,5	14,6	9,0	14,9	11,7	15,6 a	20,0 a	23,4	
<b>Temperatura (T)</b>									
5°C	12,4	14,3	9,0	12,8	11,0	14,4 a	16,8 a	19,7 a	
8°C	17,6	16,4	11,2	17,0	17,0	23,7 b	29,6 b	33,4 b	
<b>Interacción (TC*T)</b>									
Cubos 5°C	11,8 a A	14,4 b A	8,6 a A	12,3 a A	10,8 a A	16,4	18,6	21,2	
Cubos 8°C	16,7 b B	17,8 b B	11,9 b B	18,8 b B	21,4 c B	27,8	33,5	37,5	
Rodajas 5°C	13,6 b A	10,7 a A	10,7 b A	13,1 a A	11,8 a A	15,0	17,2	19,7	
Rodajas 8°C	21,1 c B	20,1 b B	11,6 b A	15,3 a B	16,6 b B	24,0	29,7	34,0	
Cascos 5°C	11,8 a A	17,9 b B	7,9 a A	13,0 a A	10,5 a A	11,9	14,6	18,2	
Cascos 8°C	15,2 a B	11,3 a A	10,2 a B	16,9 a B	13,0 a B	19,2	25,4	28,6	
<b>Nivel de significancia</b>									
TC	***	NS	**	*	***	**	**	*	
T	***	*	***	***	***	***	***	***	
TC*T	**	***	*	**	***	NS	NS	NS	

<sup>z</sup> Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor temperatura dentro de cada factor tipo de corte.

<sup>z</sup> Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor tipo de corte dentro de cada factor temperatura.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice II.** Evolución de la luminosidad (L) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Luminosidad (L)</b>				
	<b>Día</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	74,4	72,4	70,3	68,8
Rodajas	72,2	71,8	70,9	69,6
Cascos	73,9	73,2	69,3	68,0
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	73,9	73,2	70,1	68,7
8°C	73,1	71,8	70,3	68,8
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	*	NS	NS	NS
T	NS	*	NS	NS
TC*T	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice III.** Evolución del croma (C\*) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Croma (C*)</b>				
	<b>Día</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	32,3 ab	33,2	34,6	35,0
Rodajas	33,2 b	33,3	36,0	36,4
Cascos	29,8 a	30,7	36,8	36,8
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	31,6	32,2	35,5	35,9
8°C	31,9	32,6	36,1	36,3
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	**	*	*	*
T	NS	NS	NS	NS
TC*T	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice IV.** Evolución del tono ( $H_{ab}$ ) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias ( $n=3$ ) con el error estándar.

<b>Tono (<math>H_{ab}</math>)</b>				
<b>Día</b>				
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	90,6 b	89,7	89,6	88,3
Rodajas	89,1 a	88,9	89,7	89,1
Cascos	89,5 ab	89,0	87,3	86,9
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	89,9	89,4	88,6	88,2
8°C	89,6	89,0	89,2	88,0
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	*	NS	*	**
T	NS	NS	NS	NS
TC*T	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS,\*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice V.** Evolución de la firmeza (kg-f) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias ( $n=3$ ) con el error estándar.

<b>Firmeza (kg-f)</b>				
<b>Día</b>				
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	2,0 ab	1,9 b	1,8 b	1,6 b
Rodajas	2,1 b	1,9 b	1,9 b	1,7 b
Cascos	1,8 a	1,6 a	1,5 a	1,3 a
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	2,0	1,8	1,7	1,6
8°C	2,0	1,8	1,7	1,5
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	**	*	*	*
T	NS	NS	NS	NS
TC*T	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS,\*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice VI.** Evolución de la concentración de sólidos solubles totales (%) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Concentración de sólidos solubles totales (%)</b>				
	<b>Día</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	12,2 a	12,1	11,9	11,5
Rodajas	12,7 b	12,3	12,6	12,0
Cascos	13,4 c	13,1	13,5	12,9
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	12,9 b	12,6	12,8	12,2
8°C	12,6 a	12,4	12,5	12,0
<b>Interacción (TC*T)</b>				
Cubos 5°C	12,4	12,2 a B	12,0 a B	11,7 a B
Cubos 8°C	12,1	11,9 a A	11,7 a A	11,2 a A
Rodajas 5°C	12,8	12,6 b B	12,9 b B	12,1 b A
Rodajas 8°C	12,6	12,1 a A	12,2 b A	11,9 b A
Cascos 5°C	13,5	13,0 c A	13,4 c A	12,8 c A
Cascos 8°C	13,3	13,1 b A	13,5 c A	13,0 c A
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	***	***	***	***
T	**	**	***	*
TC*T	NS	*	**	**

<sup>z</sup> Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor temperatura dentro de cada factor tipo de corte.

<sup>z</sup> Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor tipo de corte dentro de cada factor temperatura.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice VII.** Evolución del pH de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

	<b>pH</b>			
	<b>Día</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	4,3	4,3 a	4,2	4,0
Rodajas	4,3	4,3 b	4,2	4,0
Cascos	4,4	4,4 c	4,2	4,1
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	4,3	4,3 b	4,3	4,2
8°C	4,3	4,3 a	4,1	3,9
<b>Interacción (TC*T)</b>				
Cubos 5°C	4,3 a B	4,3	4,3 a B	4,2 b B
Cubos 8°C	4,2 a A	4,2	4,0 a A	3,7 a A
Rodajas 5°C	4,3 a B	4,3	4,3 a B	4,1 a B
Rodajas 8°C	4,2 a A	4,3	4,1 a A	3,9 b A
Cascos 5°C	4,3 a A	4,4	4,3 a B	4,2 b B
Cascos 8°C	4,4 b B	4,4	4,2 b A	3,9 c A
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	***	***	**	***
T	***	***	***	***
TC*T	***	NS	**	***

<sup>z</sup> Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor temperatura dentro de cada factor tipo de corte.

<sup>z</sup> Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor tipo de corte dentro de cada factor temperatura.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice VIII.** Evolución de la acidez titulable (%) de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Acidez titulable (% ácido málico)</b>				
	<b>Día</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	0,17	0,18	0,17	0,21 b
Rodajas	0,18	0,17	0,20	0,22 c
Cascos	0,13	0,14	0,14	0,15 a
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	0,15	0,16	0,15	0,17 a
8°C	0,17	0,17	0,19	0,21 b
<b>Interacción (TC*T)</b>				
Cubos 5°C	0,16 b A	0,18 c A	0,15 b A	0,19
Cubos 8°C	0,18 b B	0,18 b A	0,19 b B	0,22
Rodajas 5°C	0,16 b A	0,17 b A	0,17 c A	0,20
Rodajas 8°C	0,20 c B	0,18 b B	0,23 c B	0,23
Cascos 5°C	0,13 a A	0,13 a A	0,14 a A	0,13
Cascos 8°C	0,13 a B	0,15 a B	0,15 a A	0,17
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	***	***	***	***
T	***	***	***	***
TC*T	***	**	***	NS

<sup>z</sup> Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor temperatura dentro de cada factor tipo de corte.

<sup>z</sup> Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor tipo de corte dentro de cada factor temperatura.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice IX.** Cambios de apariencia de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Apariencia</b>				
<b>Día</b>				
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	6,1	a	5,7	4,9
Rodajas	8,0	b	7,2	6,1
Cascos	5,9	a	5,6	4,6
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	6,5		6,2	5,1
8°C	6,8		6,1	5,3
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	***		**	*
T	NS		NS	NS
TC*T	NS		NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice X.** Cambios de pardeamiento de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Pardeamiento</b>						
<b>Día</b>						
	<b>1</b>		<b>3</b>		<b>6</b>	
<b>Tipo Corte (TC)</b>						
Cubos	9,8	b	10,1	b	12,4	b
Rodajas	7,6	a	8,2	a	10,2	a
Cascos	9,7	b	10,2	b	11,8	b
<b>Temperatura (T)</b>						
5°C	9,1		9,6		11,5	
8°C	8,9		9,5		11,4	
<b>Nivel de significancia</b>						
TC	***		***		***	
T	NS		NS		NS	
TC*T	NS		NS		NS	

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XI.** Cambios de sabor de manzanas “Red Delicious” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Sabor</b>			
<b>Día</b>			
	<b>1</b>		<b>3</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>			
Cubos	7,5	a	6,5
Rodajas	8,0	ab	6,0
Cascos	9,8	b	6,7
<b>Temperatura (T)</b>			
5°C	9,2		6,7
8°C	7,6		6,1
<b>Nivel de significancia</b>			
TC	***		NS
T	**		NS
TC*T	NS		NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XII.** Tasas respiratorias de manzanas “Cripps Pink” enteras y MPF almacenadas durante 8 días a 5 y 8°C. Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Tasas Respiratorias (mgCO<sub>2</sub>k<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>)</b>									
<b>Día</b>									
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	
<b>Tipo Corte (TC)</b>									
Cubos	26,4	29,8	24,3 b	19,1 b	32,1	27,5	34,3	38,0	
Rodajas	30,6	27,1	20,3 a	17,1 a	24,3	19,3	23,5	27,3	
Cascos	28,5	27,0	23,7 b	20,5 b	29,4	27,5	33,7	33,8	
<b>Temperatura (T)</b>									
5°C	28,4	27,1	21,4 a	15,8 a	24,8	18,7	23,8	26,2	
8°C	28,6	28,9	24,1 b	22,0 b	32,4	30,9	37,3	39,9	
<b>Interacción (TC*T)</b>									
Cubos 5°C	27,1	28,8	22,3	16,1	25,4 ab	A 18,7 b	A 25,7 b	A 30,5 c	A
Cubos 8°C	25,8	30,8	26,3	22,2	38,8 c	B 36,3 c	B 42,9 b	B 45,4 c	B
Rodajas 5°C	31,8	25,6	18,7	14,4	21,7 a	A 15,1 a	A 18,3 a	A 22,2 a	A
Rodajas 8°C	29,4	28,6	21,9	19,8	26,8 a	B 23,6 a	B 28,7 a	B 32,4 a	B
Cascos 5°C	26,2	26,7	23,2	17,1	27,2 b	A 22,2 c	A 27,3 b	A 25,8 b	A
Cascos 8°C	30,7	27,3	24,2	23,9	31,5 b	B 32,8 b	B 40,2 b	B 41,9 b	B
<b>Nivel de significancia</b>									
TC	NS	NS	**	**	***	***	***	***	***
T	NS	NS	**	***	***	***	***	***	***
TC*T	NS	NS	NS	NS	**	**	**	**	**

<sup>z</sup> Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor temperatura dentro de cada factor tipo de corte.

<sup>z</sup> Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor tipo de corte dentro de cada factor temperatura. NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XIII.** Evolución de la luminosidad (L) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Luminosidad (L)</b>				
<b>Día</b>				
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	77,5	77,1	74,5 a	73,6
Rodajas	76,8	76,0	75,1 ab	74,2
Cascos	77,3	76,9	76,0 b	74,7
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	77,2	77,1	75,6	74,7
8°C	77,2	76,2	74,8	73,6
<b>Interacción (TC*T)</b>				
Cubos 5°C	77,7	77,5 a A	74,7	74,6
Cubos 8°C	77,3	76,6 b A	74,3	72,7
Rodajas 5°C	77,2	77,1 a B	75,9	74,8
Rodajas 8°C	76,3	75,0 a A	74,3	73,5
Cascos 5°C	76,8	76,7 a A	76,2	74,7
Cascos 8°C	77,8	77,2 b A	75,9	74,7
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	NS	*	**	NS
T	NS	*	**	*
TC*T	NS	*	NS	NS

<sup>z</sup> Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor temperatura dentro de cada factor tipo de corte.

<sup>z</sup> Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor tipo de corte dentro de cada factor temperatura.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XIV.** Evolución del croma (C\*) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Croma (C*)</b>				
<b>Día</b>				
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	26,7 a	27,3	29,3 b	29,6
Rodajas	28,4 b	27,7	28,8 b	30,1
Cascos	26,0 a	26,7	26,7 a	29,4
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	27,1	27,1	27,5 a	29,0 a
8°C	26,9	27,4	29,0 b	30,4 b
<b>Interacción (TC*T)</b>				
Cubos 5°C	26,8	26,8 a A	28,9	29,0
Cubos 8°C	26,6	27,7 b A	29,7	30,3
Rodajas 5°C	27,9	26,8 a A	27,5	29,1
Rodajas 8°C	28,9	28,6 b B	30,1	31,1
Cascos 5°C	26,7	27,6 a B	26,2	28,9
Cascos 8°C	25,3	25,8 a A	27,3	29,9
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	***	*	***	NS
T	NS	NS	***	**
TC*T	NS	***	NS	NS

<sup>z</sup> Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor temperatura dentro de cada factor tipo de corte.

<sup>z</sup> Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor tipo de corte dentro de cada factor temperatura.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XV.** Evolución del tono ( $H_{ab}$ ) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

	<b>Tono (<math>H_{ab}</math>)</b>				
	<b>Día</b>				
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>Tipo Corte (TC)</b>					
Cubos	90,5	90,3	88,4	88,4	
Rodajas	90,4	89,1	89,0	88,1	
Cascos	90,2	89,9	89,3	88,8	
<b>Temperatura (T)</b>					
5°C	90,3	90,0	89,1	88,8	
8°C	90,4	89,6	88,7	88,0	
<b>Interacción (TC*T)</b>					
Cubos 5°C	90,8	90,9	b A	88,6	89,4
Cubos 8°C	90,3	89,8	ab A	88,2	87,4
Rodajas 5°C	90,8	89,9	ab B	89,4	88,4
Rodajas 8°C	90,0	88,4	a A	88,6	87,8
Cascos 5°C	89,4	89,2	a A	89,3	88,7
Cascos 8°C	91,0	90,6	b B	89,3	88,9
<b>Nivel de significancia</b>					
TC	NS	*	NS	NS	
T	NS	NS	NS	*	
TC*T	NS	**	NS	NS	

<sup>z</sup> Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor temperatura dentro de cada factor tipo de corte.

<sup>z</sup> Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor tipo de corte dentro de cada factor temperatura.

NS,\*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XVI.** Evolución de la firmeza (kg-f) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Firmeza (kg-f)</b>				
	<b>Día</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	3,6	3,6	3,5	3,3
Rodajas	3,7	3,6	3,6	3,5
Cascos	3,8	3,5	3,4	3,3
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	3,8	3,6	3,6 b	3,4
8°C	3,6	3,5	3,4 a	3,4
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	NS	NS	*	**
T	NS	NS	NS	NS
TC*T	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XVII.** Evolución de los sólidos solubles totales (%) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Concentración de sólidos solubles totales (%)</b>				
	<b>Día</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	12,7	12,6	12,6	12,6
Rodajas	12,2	12,9	13,0	12,9
Cascos	12,5	13,0	12,9	12,8
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	12,4	12,9	12,9	12,8
8°C	12,5	12,8	12,8	12,7
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	*	NS	NS	NS
T	NS	NS	NS	NS
TC*T	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XVIII.** Evolución del pH de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

	pH			
	Día			
	1	3	6	8
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	3,7	3,8	3,6	3,6
Rodajas	3,8	3,8	3,7	3,6
Cascos	3,9	3,8	3,7	3,7
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	3,8	3,8	3,7	3,6
8°C	3,8	3,8	3,6	3,6
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	NS	NS	NS	NS
T	NS	NS	NS	NS
TC*T	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XIX.** Evolución de la acidez titulable (%) de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

	Acidez titulable (% ácido málico)			
	Día			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	0,35 b	0,37	0,36	0,38
Rodajas	0,33 a	0,38	0,38	0,40
Cascos	0,36 b	0,38	0,34	0,41
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	0,35 b	0,38	0,35	0,38
8°C	0,34 a	0,37	0,37	0,41
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	NS	NS	NS	NS
T	NS	NS	NS	NS
TC*T	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XX.** Cambios de apariencia de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Apariencia</b>				
	<b>Día</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	10,6	9,0	7,7	6,0
Rodajas	11,0	8,8	7,5	5,5
Cascos	11,1	9,3	7,5	5,3
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	11,1	9,2	7,7	6,1
8°C	10,7	8,8	7,5	5,1
<b>Interacción (TC*T)</b>				
Cubos 5°C	10,5	9,2	7,6	6,8 b B
Cubos 8°C	10,7	8,8	7,9	5,3 a A
Rodajas 5°C	11,9	8,9	8,3	6,7 b B
Rodajas 8°C	10,2	8,7	6,8	4,4 a A
Cascos 5°C	10,9	9,5	7,1	4,9 a A
Cascos 8°C	11,3	9,1	7,9	5,7 a A
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	NS	NS	NS	NS
T	NS	NS	NS	*
TC*T	NS	NS	NS	**

<sup>z</sup> Letras minúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor temperatura dentro de cada factor tipo de corte.

<sup>z</sup> Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para el factor tipo de corte dentro de cada factor temperatura.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XXI.** Cambios de pardeamiento de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Pardeamiento</b>				
	<b>Día</b>			
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>				
Cubos	4,4	5,6	7,2	8,8 a
Rodajas	3,6	5,5	6,7	10,6 b
Cascos	3,8	5,7	6,7	8,2 a
<b>Temperatura (T)</b>				
5°C	3,6	5,3	6,5	8,4 a
8°C	4,3	6,0	7,3	10,0 b
<b>Nivel de significancia</b>				
TC	NS	NS	NS	***
T	NS	NS	NS	***
TC*T	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.

**Apéndice XXII.** Cambios de sabor de manzanas “Cripps Pink” aplicando tipos de cortes (cascos, cubos y rodajas) y temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C). Medias (n=3) con el error estándar.

<b>Sabor</b>			
	<b>Día</b>		
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>Tipo Corte (TC)</b>			
Cubos	10,7	9,3	8,5
Rodajas	12,0	8,8	7,4
Cascos	10,7	9,3	8,9
<b>Temperatura (T)</b>			
5°C	11,1	9,5	9,0
8°C	11,2	8,8	7,5
<b>Nivel de significancia</b>			
TC	*	NS	*
T	NS	NS	**
TC*T	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p \leq 0,05$  para cada factor.

NS, \*, \*\*, \*\*\*. No Significativo o significativo para  $p \leq 0,05$ , 0,01 o 0,001 respectivamente.