



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y**  
**TECNOLOGÍA QUÍMICA**

**Profesor Patrocinante:**

**Lilian Elizabeth Abugoch James**

**Departamento de Ciencia de los Alimentos y  
Tecnología Química, Universidad de Chile**

**Directores de Memoria:**

**Lilian Elizabeth Abugoch James**

**Departamento de Ciencia de los Alimentos y  
Tecnología Química, Universidad de Chile**

**Luis López Valladares**

**Departamento de Ciencia de los Alimentos y  
Tecnología Química, Universidad de Chile**

**DESARROLLO DE MANZANA TROZADA MINIMAMENTE PROCESADA Y  
DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ALIMENTOS**

***MARIANO NICOLÁS PEREYRA NELSON***

**SANTIAGO-CHILE**

**2011**

*A mi madre, Norma Edith Nelson*

*A mi padre, Aldo Pereyra*

## **AGRADECIMIENTOS**

- **A mi profesora patrocinante y directora de tesis Lilian Abugoch por el tiempo dedicado, su valiosa colaboración académica y su grata forma de enseñar.**
- **A mi profesor y director de tesis, Luis López por aportar con su experiencia para a resolver todas las inquietudes que se fueron presentando durante este trabajo.**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	xi
ABREVIATURAS UTILIZADAS .....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes generales.....	1
1.2 Desarrollo de frutas mínimamente procesadas.....	1
1.3 Factores que limitan la vida útil de frutas mínimamente procesadas	2
1.4 Métodos de control de factores de deterioro.....	5
1.5 Industrialización de frutas mínimamente procesadas.....	7
1.6 Variedades escogidas para la presente investigación.....	7
2. HIPÓTESIS.....	9
3. OBJETIVOS.....	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
3.1 Objetivo general.....	10
4. MATERIALES Y EQUIPOS.....	11
4.1 Materia prima.....	11
4.2 Aditivos.....	13
4.3 Envase.....	13
4.4 Sanitizante.....	13
4.5 Equipos e instrumentos.....	13
4.6 Insumos y utensilios.....	14
5. MÉTODOS.....	15
5.1 Proceso productivo.....	15
5.2 Evaluación sensorial.....	19
5.3 Determinación de textura.....	20

5.4 Determinación de O <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> .....	20
5.5 Análisis microbiológicos.....	21
5.6 Determinación de °Brix.....	22
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
6.1 Control de temperatura durante el almacenamiento de manzana mínimamente procesada en T <sub>1</sub> y T <sub>2</sub> .....	23
6.2 Determinación de °Brix en manzana roja durante el almacenamiento refrigerado entre 1 – 6 °C.....	24
6.3 Determinación de °Brix en manzana verde durante el almacenamiento refrigerado entre 1 – 6 °C.....	25
6.4 Determinación de textura en manzana roja durante el almacenamiento refrigerado entre 1 – 6 °C.....	26
6.5 Determinación de textura en manzana verde durante el almacenamiento refrigerado entre 1 – 6 °C.....	27
6.6 Variación del contenido de CO <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> en los envases de manzana roja durante su almacenamiento entre 1 – 6 °C.....	28
6.7 Variación del contenido de CO <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> en los envases de manzana verde durante su almacenamiento entre 1 – 6 °C.....	29
6.8 Análisis microbiológico en manzana roja durante su almacenamiento entre 1 – 6 °C.....	31
6.9 Análisis microbiológico en manzana verde durante su almacenamiento entre 1 – 6 °C.....	32
6.10 Evaluación sensorial en manzana roja durante el almacenamiento entre 1 – 6 °C.....	34
6.11 Evaluación sensorial en manzana verde durante el almacenamiento entre 1 – 6 °C.....	35
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>39</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Reacción de oxidación enzimática y acción de agentes reductores como antioxidantes .....</b>	<b>4</b>
<b>Figura 2: Interacción de iones <math>\text{Ca}^{++}</math> y <math>\text{Mg}^{++}</math> con paredes pécticas de estructura celular vegetal .....</b>	<b>4</b>
<b>Figura 3: Manzana variedad <i>Granny Smith</i> .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 4: Manzana variedad <i>Fuji</i> .....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 5: Diagrama de flujo de proceso productivo para MMP en <math>T_1</math> y <math>T_2</math> .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 6: Determinación de textura con equipo universal de ensayos de materiales, Lloyds Instruments.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 7: Placas Petrifilm 3M en estufa de incubación a <math>35^\circ\text{C}</math>.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 8: Promedio diario temperatura de almacenamiento manzana verde y roja mínimamente procesada, <math>T_1</math>. .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 9: Promedio diario temperatura de almacenamiento manzana verde y roja mínimamente procesada, <math>T_2</math>. .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 10: Variación <math>^\circ\text{Brix}</math> en manzana roja mínimamente procesada, períodos <math>T_1</math> y <math>T_2</math>. .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 11: Variación <math>^\circ\text{Brix}</math> en manzana verde mínimamente procesada, períodos <math>T_1</math> y <math>T_2</math> .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 12: Textura en el tiempo de almacenamiento de manzana roja mínimamente procesada y control, período <math>T_2</math> .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 13: Textura en el tiempo de almacenamiento de manzana verde mínimamente procesada y control, período <math>T_2</math> .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 14: Variación concentración de <math>\text{CO}_2</math> en manzana roja mínimamente procesada, períodos <math>T_1</math> y <math>T_2</math>. .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 15: Variación concentración de <math>\text{O}_2</math> en manzana roja mínimamente procesada, períodos <math>T_1</math> y <math>T_2</math>. .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 16: Variación concentración de <math>\text{CO}_2</math> en manzana verde mínimamente procesada, períodos <math>T_1</math> y <math>T_2</math>. .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 17: Variación concentración de <math>\text{O}_2</math> en manzana verde mínimamente procesada, períodos <math>T_1</math> y <math>T_2</math>. .....</b>	<b>30</b>

<b>Figura 18: Desarrollo microbiológico en manzana roja mínimamente procesada, período T<sub>1</sub> .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 19: Desarrollo microbiológico en manzana roja mínimamente procesada, período T<sub>2</sub> .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 20: Desarrollo microbiológico en manzana verde mínimamente procesada, período T<sub>1</sub> .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 21: Desarrollo microbiológico en manzana verde mínimamente procesada, período T<sub>2</sub> .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 22a: Evaluación sensorial manzana roja mínimamente procesada, período T<sub>2</sub>.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 22b: Evaluación sensorial manzana roja mínimamente procesada, período T<sub>2</sub>.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 23: Promedio puntaje total obtenido en evaluación sensorial manzana roja mínimamente procesada, período T<sub>2</sub> .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 24a: Evaluación sensorial manzana verde mínimamente procesada, período T<sub>2</sub>.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 24b: Evaluación sensorial manzana verde mínimamente procesada, período T<sub>2</sub>.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 25: Promedio puntaje total obtenido en evaluación sensorial manzana verde mínimamente procesada, período T<sub>2</sub> .....</b>	<b>37</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Tabla 1: Actividad relativa de PPO en diferentes variedades de manzanas.....</b>	<b>3</b>
<b>Tabla 2: Parámetros medidos en material prima, al momento de envío desde huertos a Planta de proceso.....</b>	<b>13</b>

## RESUMEN

Para obtener alimentos frescos listos para su consumo es importante poder lograr su estabilidad con procesos que modifiquen en forma mínima su calidad. Es por ello que el presente trabajo tuvo como objetivo elaborar manzanas mínimamente procesadas, mediante el uso de aditivos químicos y modificación del ambiente de envasado en un material de envase apto para esta condición, determinando con ello el proceso de elaboración y su posterior vida útil. El estudio se desarrolló en Proverde S.A, empresa chilena dedicada a la producción de hortalizas IV Gama, utilizando las líneas productivas existentes. Se escogieron las variedades *Fuji* y *Granny Smith*, las cuales fueron trozadas en cubos de 10 mm x 10 mm x 10 mm. Se utilizó soluciones de inmersión de ácido cítrico y cloruro de calcio, posteriormente se envasaron con atmósfera modificada (por barrido con nitrógeno) en envases de alta permeabilidad al O<sub>2</sub>. Para el estudio de vida útil se almacenaron en refrigeración entre 1 y 6 °C durante 14 días y se determinaron los siguientes parámetros: textura, atributos sensoriales y desarrollo microbiológico, concentración de gases en atmósfera modificada y °brix. En relación a la textura se pudo observar que para la variedad *Fuji* el valor promedio fue 11,5 N, mientras que para *Granny Smith* fue 10,6 N. Los recuentos microbiológicos para ambas variedades en estudio, se mantuvieron durante todo el período de almacenamiento bajo los límites inferiores del RSA vigente. Al interior del envase, la cantidad de CO<sub>2</sub> fue en aumento hacia el final del período de almacenamiento llegando hasta un 8,1% en el caso de la variedad *Fuji* y 7,95 % para la variedad *Granny Smith*, mientras que la mínima cantidad de O<sub>2</sub> medida fue 0,3% para la variedad *Fuji* y 0,6% para *Granny Smith*. Los °brix de la variedad *Fuji* fluctuaron entre 11 y 12,6, mientras que para la variedad *Granny Smith* los valores medidos fueron entre 9,8 y 11 °brix.

Los resultados encontrados demostraron que las dosis seleccionadas de ácido cítrico y cloruro de calcio, la atmósfera modificada, el envase y las condiciones de almacenamiento permitieron extender la vida útil para ambas variedades estudiadas hasta por 11 días y se encuentra condicionada por parámetros sensoriales. Las manzanas control que no fueron tratadas con solución antioxidante, tienen una vida útil promedio de 3 horas en la sala de proceso productivo, debido al rechazo para el consumo por oxidación.

Entre el tipo de manzanas estudiadas, la variedad *Granny Smith* presentó mayor estabilidad de sus atributos sensoriales durante el almacenamiento respecto a la variedad *Fuji*, haciendo de esta una variedad preferente para mínimos procesos.

## **SUMMARY**

To obtain fresh food ready for your consumption is important to be able to achieve its stability with a process that would change in minimum form its quality. That is why the present work had as objective to elaborate apples minimally processed, through the use of chemical additives and modification of the environment of packaging in a packaging material suitable for this condition, by determining the process of development and their subsequent life. The study was developed in Proverde S.A Chilean company dedicated to the production of vegetables IV range, using the productive existing lines. Selected varieties Fuji and Granny Smith, which were chopped in cubes of 10mm x 10mm x 10mm. Solutions of immersion of citric acid and chloride of calcium were used, later they were packed by ambience modified (nitrogen sweep) in packaging of high permeability to the O<sub>2</sub>. For the study of useful life they were stored in refrigeration between 1 and 6 °C for 14 days and the following parameters decided: texture, sensory attributes and microbiological development, gas concentration in modified ambience and °brix. As regards to the texture it was possible to observe that for the variety Fuji the average value was 11,5 N, while for Granny Smith it was 10,6 N. The microbiological inventories for both varieties in study were supported during the whole storage period under the low limits of the current RSA. To the interior of the packing, the quantity of CO<sub>2</sub> was on the increase towards the end of the period of storage coming up to 8,1 % in case of the variety Fuji and 7,95 % for the variety Granny Smith, while the minimal quantity of O<sub>2</sub> measurement was a 0,3 % for the variety Fuji and a 0,6 % for Granny Smith. The °brix of the variety Fuji fluctuated between 11 and 12,6, while for the variety Granny Smith the measured values were between 9,8 and 11 °brix. The opposing results demonstrated that the chosen doses of citric acid and chloride of calcium, the modified ambience, the packing and the conditions of storage were allowed determine that the useful life for both studied varieties can spread even for 11 days and is determined by sensory parameters. The controls were not treated with antioxidant solution have an average useful life of 3 hours in the production process due to the reluctance for consumption by oxidation.

Between the type of studied apples, the variety Granny Smith presented major stability of its sensory attributes during the storage with regard to the variety Fuji, making a preferable variety for minimal processes.

## **ABREVIATURAS UTILIZADAS**

T<sub>1</sub>: Período de estudio marzo 2010

T<sub>2</sub>: Período de estudio septiembre 2010

MMP: Manzana mínimamente procesada

PPO: Polyphenol oxidase

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes generales**

Los tipos y cantidades de productos mínimamente procesados se han incrementado desde la década pasada y en la actualidad su uso se ha expandido a restaurantes, supermercados y tiendas teniendo amplia aceptación en Estados Unidos, Francia, Reino Unido y Holanda entre otros.

La tecnología de productos mínimamente procesados nació en EE.UU. en restaurantes de comida rápida y se desarrolló especialmente en forma artesanal, con lechuga "Iceberg", la cual tenía una vida útil no mayor al rango de 2-3 días y al aplicar esta tecnología se lograba aumentar a 10-12 días. Posteriormente se propagó hacia otros países europeos en forma más industrializada. Inicialmente los alimentos mínimamente procesados correspondían a ciertas hortalizas, pero poco a poco se han ido introduciendo frutas y otras hortalizas cortadas en pequeña cantidad para el consumo individual donde aproximadamente el 70% está formado por lechuga, repollo, zanahoria, cebolla, entre otras. (Hormazabal, 1999)

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas se identifican bajo el concepto de IV gama. Se entiende que los productos de IV gama son hortalizas y frutas frescas listas para el consumo, sometidas a un proceso mínimo que incluye; selección, lavado, pelado y/o trozado, sanitización, secado y envasado.

### **1.2 Desarrollo de frutas mínimamente procesadas**

Los productos vegetales mínimamente procesados que se encuentran hoy en día en el mercado nacional están constituidos principalmente por distintas especies de hortalizas, siendo las frutas de este formato, un producto que se está incorporando paulatinamente entre los de consumo habitual, ya que se encuentra ampliamente desarrollado a nivel de laboratorio, donde se sugieren distintas mezclas de aditivos y condiciones de envasado.

Existe una amplia variedad de frutas utilizadas para mínimos procesos, principalmente en formatos de consumo individual para venta en retail.

En el caso de las empresas dedicadas a la alimentación industrial o catering, es un producto que está empezando a consumirse cada vez más ya que existen diferentes ventajas competitivas que indican la conveniencia de utilizar este tipo de productos, entre otras:

- Ahorro de mano de obra en las operaciones preliminares de vegetales.
- Reducción de los espacios de almacenamiento requeridos.
- Reducción de desechos en cocinas, la operación es más limpia.
- Reducción de riesgos de contaminación cruzada.
- Disminución de riesgos de corte.
- Los formatos 100% utilizables facilitan el porcionamiento y control de costos.

El hecho de que el uso de hortalizas pre-elaboradas ya esté instalado en este segmento del mercado, hace que la idea de introducir frutas no presente la resistencia inicial típica que se asume al introducir productos nuevos, si a esto se suma una buena relación precio – calidad, la comercialización de frutas trozadas debiera tener una rápida aceptación (Proverde, 2011)

### **1.3 Factores que limitan la vida útil de frutas mínimamente procesadas**

Las reacciones de deterioro de la manzana están asociadas principalmente al pardeamiento enzimático siendo este uno de los factores limitantes en la vida útil de frutas mínimamente procesadas.

Durante las etapas del proceso de elaboración, se generan rupturas en las células, causando que las enzimas se liberen y entren en contacto con los sustratos. Inicialmente las sustancias polifenólicas se encuentran alojadas en las vacuolas vegetales, mientras que la enzima fenolasa se encuentra presente en el citoplasma de las células vegetales.

El pardeamiento enzimático es una decoloración que resulta de la acción del grupo de enzimas polifenol oxidasas (PPOs). Otro mecanismo de deterioro es el pardeamiento no enzimático que se produce por la exposición del producto procesado a temperaturas de almacenamiento más altas, que las de refrigeración recomendada para estos productos (Belitz, 1997).

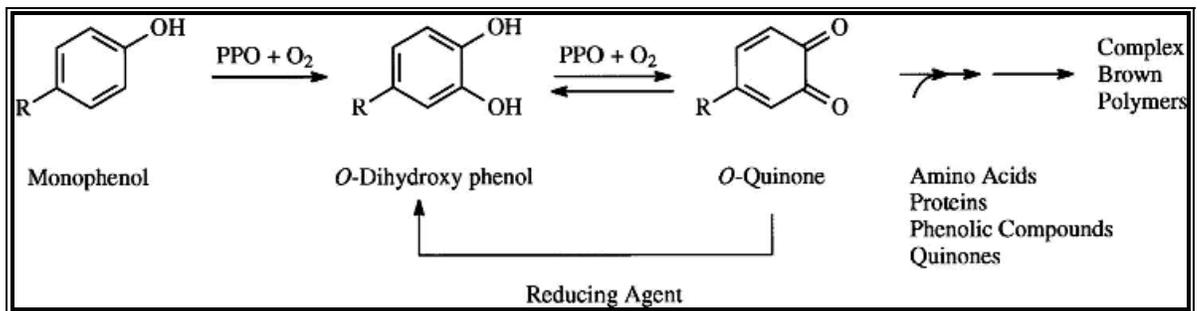
El mecanismo de pardeamiento enzimático puede ser considerado en dos partes. La primera parte es desarrollada por PPO, resultando en la formación de o-quinonas (compuestos ligeramente coloreados), que a través de mecanismos no enzimáticos conducen a la formación de compuestos de color marrón. Luego y debido a que las o-quinonas son altamente reactivas, rápidamente sufren oxidación y polimerización, además de reaccionar con otras moléculas de quinona, compuestos fenólicos, grupos amino de proteínas, péptidos y aminoácidos, aminas aromáticas, compuestos tiólicos, ácido ascórbico, etc.

Las consecuencias del pardeamiento enzimático no son tan sólo la alteración del color, sino que también la generación de sabores y olores indeseables además de la pérdida de nutrientes (Lamikanra, 2002).

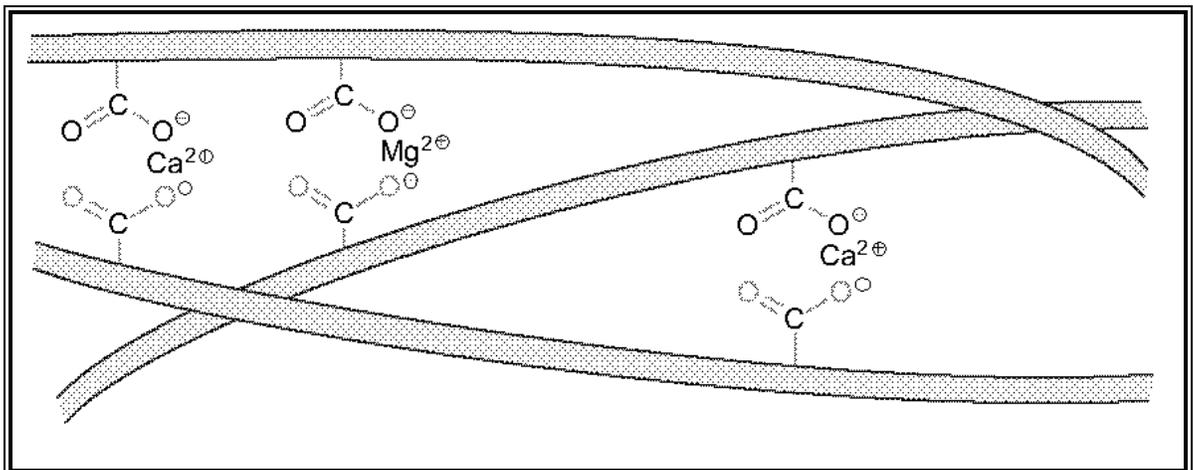
Distintas variedades de manzana presentan diferentes actividades de la PPO. Esto hace que algunos cultivares sean menos propensos al pardeamiento enzimático durante el proceso y el almacenamiento del producto mínimamente procesado.

<b>Tabla 1: Actividad relativa de PPO en diferentes variedades de manzanas.</b>		
Variedad	Piel	Corteza
<i>Red Delicious</i>	100	100
<i>Golden Delicious</i>	33	30
<i>McIntosh</i>	46	80
<i>Fuji</i>	57	71
<i>Gala</i>	30	48
<i>Granny Smith</i>	43	73
<i>Jonagold</i>	43	43
<i>Elstar</i>	10	20
<b>Ref: Lamikanra, 2002.</b>		

De igual manera, al realizar procesos que involucran acción mecánica en frutas, las sustancias pécticas constituyentes de las paredes celulares se solubilizan, disminuyendo de esta manera la turgencia y textura de la fruta.



**Fig. 1: Reacción de oxidación enzimática y acción de agentes reductores como antioxidantes (Branen y cols. 2002).**



**Fig. 2: Interacción de iones  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  con paredes pécticas de estructura celular vegetal (Hans y col. 2005).**

Otro de los factores limitantes de vida útil de frutas y hortalizas mínimamente procesadas es el desarrollo microbiológico que se genera durante el almacenamiento del producto terminado, superando en algunos casos los límites establecidos en la legislación.

En el caso de Chile los criterios microbiológicos que regulan a las frutas y hortalizas listas para el consumo, corresponden al punto 14.2 del Art. 173 del Reglamento Sanitario de los Alimentos vigente.

Las principales causas de recuentos microbiológicos fuera de rango en este tipo de productos, son la carga microbiológica inicial con que llegan las materias primas al proceso productivo, aumento de materia orgánica en el agua de lavado y etapas de sanitización, temperaturas inadecuadas de proceso productivo y pérdidas de la cadena de frío en el manejo del producto terminado.

#### **1.4 Métodos de control de factores de deterioro**

Existe una amplia variedad de investigaciones donde se sugieren métodos de control para las reacciones que generan estas alteraciones del producto, los que pueden ser de tipo químicos o físicos. Algunos de los métodos químicos recomendados para el control del pardeamiento, son el uso de compuestos que tienen actividad inhibitoria de enzimas y/o remoción de sustratos. Ejemplos de éstos son el ácido cítrico, ácido ascórbico, ácido etilendiaminotetracético (EDTA) y 4-hexilresorcinol, entre otros. En el caso del control de textura, la combinación de agentes acidulantes con sales de calcio ha demostrado dar buenos resultados para extender la vida útil de este tipo de productos. La hidrólisis de pectina a ácido péptico en presencia de iones divalentes como  $\text{Ca}^{2+}$  conduce a un incremento en la firmeza debido a los puentes que se forman entre  $\text{Ca}^{2+}$  y el grupo carboxil del ácido péptico.

Entre los métodos físicos recomendados, se encuentra la reducción de temperatura, recubrimientos comestibles, tratamiento con radiación gamma, altas presiones, reducción de oxígeno y uso de envasado en atmósfera modificada. (International Controlled Atmosphere Research Conference, 1997).

En especial, el envasado en atmósfera modificada tiene como principal beneficio prolongar la vida útil del producto al detener la actividad metabólica y el desarrollo microbiológico, proporcionando un producto lo más parecido al recién envasado, con características organolépticas y fisicoquímicas propias del producto fresco. La atmósfera interna del envase alrededor del producto puede generarse de forma activa

por la inyección de mezclas gaseosas preparadas con barridos de N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, o con vacíos parciales. Pero también se puede generar por la simple interacción de la respiración del producto vegetal envasado y la permeabilidad del material de envase a la difusión de los gases entre el exterior e interior del envase. (Aguayo, 2003)

Para el control del desarrollo microbiológico existen distintos métodos aplicables actualmente en la industria de frutas y hortalizas mínimamente procesadas.

Entre los más utilizados están los procesos de sanitización con agentes químicos como hipoclorito de sodio, mezclas comerciales de ácido peroxiacético y agentes precursores de dióxido de cloro.

Otros métodos menos convencionales pero altamente efectivos son el uso de ozono, agua electrolizada, altas temperaturas e irradiación.

Cada uno de los métodos anteriormente descritos presenta ventajas y desventajas al momento de aplicarlos en escala industrial.

Ejemplo de esto es el uso de radiación gama en manzanas mínimamente procesadas, que si bien fue efectivo en reducir las cargas microbiológicas, también generó cambios en la textura, debido a quiebres en componentes de las paredes celulares, tales como la pectina. Esto finalmente se convirtió en un factor limitante de la vida útil (Gunes y col. 2001).

El uso de agua electrolizada es altamente efectivo en los procesos de sanitización de frutas y hortalizas. Este sistema cuenta de dos etapas; una está constituida por el lavado en medio alcalino y otro en medio ácido. Ambos se generan a partir de la electrólisis del agua. Una de las desventajas que presenta el uso de agua electrolizada a escala industrial es el alto costo de mantenimiento de los equipos, además de la baja disponibilidad de repuestos en Chile.

Ejemplo de la eficacia de este método de sanitización es la comparación del efecto del agua electrolizada, agua con 200 ppm de hipoclorito de sodio y agua destilada como control del estudio, en la reducción de *E. coli* O157:H7, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes* en tomates inoculados. Se realizó el lavado durante 40 seg. con los distintos medios. El tratamiento con hipoclorito y agua electrolizada resulta en una reducción de 4,87 y 7,85 ciclos logarítmicos para recuentos de *E. coli*; 4,69 y 7,46

ciclos logarítmicos para recuentos de *Salmonella*. y 4,76 y 7,54 ciclos logarítmicos para *Listeria monocytogenes* respectivamente, de acuerdo al control con agua destilada. (Bary y col. 2003)

### **1.5 Industrialización de frutas mínimamente procesadas**

Respecto al desarrollo de frutas y hortalizas mínimamente procesadas, existe una amplia disponibilidad de investigaciones, muchas de las cuales han sido realizadas a escala de laboratorio, con formatos de envases y diseños de procesos no representativos de la necesidad de la industria, donde los volúmenes y métodos de proceso son más dinámicos y se hace necesario tener altos rendimientos de producción (kg/h) para un producto de alta calidad a un bajo coste de proceso. (Proverde, 2011)

Estas necesidades representan uno de los desafíos de la presente investigación, donde se requiere implementar el proceso a escala industrial, diseñando el flujo productivo, elección de aditivos y la capacitación del personal involucrado en la producción.

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas deben cumplir con una serie de atributos de calidad para que puedan ser comercializadas y aceptadas por los consumidores.

Entre los principales desafíos que se enfrenta al producir una línea de IV gama, está el manejo de la vida útil. Para esto, el proceso debe estar diseñado de tal manera que se minimicen todas las etapas que generen algún daño y/o aceleren la senescencia del producto.

### **1.6 Variedades escogidas para la presente investigación**

Las variedades *Fuji* y *Granny Smith* son comúnmente las más utilizadas para la comercialización de MMP.

*Fuji* es una variedad de manzana correspondiente a una mezcla entre las variedades *Red Delicious* y *Ralls Janet*. Fue introducida en Japón en el año 1962, con una serie de atributos sensoriales muy atractivos para el consumidor. El color de su piel varía desde amarillo-verde con vetas rojas, hasta el rojo casi por completo y su carne es de un color amarillento.

La variedad *Granny Smith* fue introducida cerca del año 1868 y descende de variedades de manzanas silvestres francesas desarrolladas en Australia. Su piel es de color verde brillante y puede desarrollar ciertas coloraciones rojizas indeseadas a nivel comercial.

Su concentración de compuestos aromáticos volátiles es relativamente baja y es potencialmente menos propensa al pardeamiento (Abbott y col. 2004).

La tasa de respiración de la variedad *Fuji* a 0°C es de 4 a 6 mL/kg.h En cambio la variedad *Granny Smith* presenta una tasa de respiración a 0°C que va entre los 2 a 4 mL/kg.h. Esta diferencia de metabolismo entre ambas variedades puede ser influyente en la vida útil del producto mínimamente procesado. (Mitcham, 2011)

## **2. HIPOTESIS**

Se logrará aumentar la vida útil a nivel industrial de las manzanas *Granny Smith* y *Fuji* mínimamente procesadas, combinando el uso de aditivos y utilizando un sistema de envasado en atmósfera modificada que controle la cantidad de O<sub>2</sub> al interior del envase; manteniendo sus propiedades organolépticas inalteradas durante el almacenamiento.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

- Desarrollar un proceso de elaboración y determinar la vida útil para la obtención de manzanas mínimamente procesadas de las variedades *Fuji* y *Granny Smith*.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Para ambas variedades de manzanas en estudio, *Fuji* y *Granny Smith* trozadas en cubos de 10 mm x 10 mm x 10 mm.

- Evaluar cambios físicos y sensoriales almacenados a temperaturas de refrigeración con equipos de frío convencionales.
- Determinar la concentración de aditivos y tiempos de tratamiento para el control de reacciones de deterioro, tiempos de centrifugación y composición de la atmósfera modificada en el envasado.
- Estimar la vida útil identificando parámetros críticos de calidad.

## 4. MATERIALES Y EQUIPOS

### 4.1 Materia prima

- Manzana verde de la variedad *Granny Smith*, proveniente de huertos ubicados en Rancagua, VI Región de Chile, almacenada en cámaras refrigeradas y con atmósfera controlada entre Marzo 2010 ( $T_1$ ) y Septiembre 2010 ( $T_2$ ).



**Fig. 3: Manzana variedad *Granny Smith*.**

Índices de Calidad de referencia para manzana verde, variedad *Granny Smith*:

- Sabor, incluye sólidos solubles (12% o mayor), acidez titulable (0,75% o menor) y compuestos aromáticos volátiles.
- Para mejorar la calidad de consumo, los frutos cosechados temprano en la temporada pueden ser acondicionados con un tratamiento con etileno de 100 ppm por 24 horas a 20°C(68°F) para venta inmediata.
- Ausencia de defectos como golpes, pudrición, partiduras de la cavidad calicular o peduncular, picado amargo (bitter pit), daño por insectos y corazón acuoso.

- Color verde profundo y ausencia de colores atípicos y/o quemado por sol (manchas amarillas o pardas).
- Manzana roja de la variedad *Fuji*, proveniente de huertos ubicados en Rancagua, VI Región de Chile, almacenada en cámaras refrigeradas y con atmósfera controlada entre Marzo 2010 (T<sub>1</sub>) y Septiembre 2010 (T<sub>2</sub>).



**Fig. 4: Manzana variedad *Fuji*.**

Índices de Calidad de referencia para manzana roja, variedad *Fuji*:

- Firmeza, crujiente, ausencia de harinosidad.
- Sabor, incluye sólidos solubles, acidez titulable y compuestos aromáticos volátiles.
- Ausencia de defectos como golpes, pudrición, partiduras de la cavidad calicular, peduncular y de la piel (cheking), picado amargo (bitter pit), daño por insectos, etc.
- Porcentaje de coloración de la manzana.

**Tabla 2: Parámetros medidos en material prima, al momento de envío desde huertos a Planta de proceso.**

Variedad	Presión pulpa (psi)	°Brix
<i>Granny Smith</i> (T <sub>1</sub> )	16,5	10,8
<i>Granny Smith</i> (T <sub>2</sub> )	14	13
<i>Fuji</i> (T <sub>1</sub> )	13,5	11,2
<i>Fuji</i> (T <sub>2</sub> )	12,2	14

#### 4.2 Aditivos

- Acido cítrico anhidro, Holchem, China.
- Cloruro de calcio 77%, Holchem, China.

#### 4.3 Envase

- Bolsas para envasado de atmósfera modificada Cryovac PD 961, USA.
  - Tasa de transferencia al O<sub>2</sub>: 7.000 cc/(m<sup>2</sup>.24 hrs.)
  - Tasa de transferencia al CO<sub>2</sub>: 21.000 cc/(m<sup>2</sup>.24 hrs.)

#### 4.4 Sanitizante

- Agua electrolizada pH<3,5.

#### 4.5 Equipos e instrumentos

- Tinas de lavado acero inoxidable 316.
- Picadora Urschel, Diversa Cut Sprint, USA.
- Cinta transportadora.
- ROX 20TA-U, Hoshizaki Electric CO., LTD., Japón.
- Tinas de lavado acero inoxidable con aplicación de aire comprimido.

- Centrífuga Kronen, Alemania.
- Mesón de envasado acero inoxidable.
- Selladora Multivac, modelo C 500, Alemania.
- Equipo de almacenamiento en frío FRS-1300R, TURBO AIR.
- Termógrafo ACR, Canadá.
- Analizador de gases Check Point PBI Dansensor, O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, España.
- Refractómetro Atago, modelo N-1α 0-32°Brix, China.
- Máquina universal de ensayo de materiales (Lloyd Instruments Limited, Lloyd LR- 5K. Hampshire, England). Vástago de compresión de 9 mm.
- Estufa de incubación, Memmert.
- Balanzas de producción, 100K, FENTON.
- Balanza de laboratorio, GX-1500, QC SCALE.
- pH-metro Hanna, modelo HI-98127, Mauritius.

#### **4.6 Insumos y utensilios**

- Placas Petrifilm 3M para recuento de Enterobacterias
- Placas Petrifilm 3M para Recuento de aerobios mesófilos (RAM)
- Placas Petrifilm 3M para recuento de *E. coli*
- Pipetas
- Micropipetas
- Cubre objeto
- Tubos de ensayo
- Reactivos de laboratorio
- Bolsas de cultivo
- Agitador de tubos de ensayo
- Poruñas de envasado
- Canastos de centrifugación
- Descorazonador manual
- Cronómetro

## 5. METODOS

### 5.1 Proceso productivo

- Recepción de materia prima: se recibieron manzanas de ambas variedades en estudio en cajas plásticas  $\frac{3}{4}$  y en camión refrigerado a 5°C. Tanto en T<sub>1</sub> como en T<sub>2</sub> la recepción de los lotes fue entre 450 y 500 kg.

Al momento de la recepción de materia prima se realizó el control de calidad determinando la aceptación o rechazo, según la siguiente planilla:

		ASEGURAMIENTO DE CALIDAD		COD: R-REC-MP	
		PLANILLA RECEPCION			
<b>MANZANA ENTERA</b> (Fuji - Granny Smith)					
<b>PROVEEDOR</b>				<b>CODIGO</b>	
<b>PRODUCTO</b>				<b>RESPONSABLE RECEPCIÓN</b>	
LOTE					
Nº FACTURA O GUIA				<b>FECHA</b>	
PATENTE-CONDUCTOR				<b>KILOS</b>	
TIPO DE CAMIÓN				OBSERVACIONES:	
TEMPERATURA			C/NC		
LIMPIEZA CAMIÓN			C/NC	Estado de cajas / bins	
EMBALAJE			C/NC		
ELEMENTOS EXTRAÑOS			C/NC	Limpieza de cajas / Bins	
INSECTOS			C/NC		C/NC
COLORACIÓN			C/NC		
DEFECTOS FÍSICOS			C/NC		

- Almacenamiento de materia prima: se almacenaron por un día en cámaras de refrigeración, a temperaturas entre 1- 10 °C.
- Selección de materia prima: se inspeccionó la materia prima a utilizar en el proceso productivo, descartando aquellas unidades que presentaron daños superficiales.
- Lavado y sanitización: se lavaron con agua de red las unidades seleccionadas y se sanitizaron con agua electrolizada de pH < 3,5.
- Preparación de las manzanas para el picado: se retiró de forma manual el centro de las manzanas con un descorazonador manual y se sumergieron en agua electrolizada con un pH < 3,5 en espera de ingresar a la etapa de picado. Aquellas unidades que presentaron daño interno fueron descartadas.

- Picado: se realizó el picado en cubos de 10 mm x 10 mm x 10 mm utilizando máquina picadora vertical Urschel.
- Sanitización del producto picado: El producto picado es descargado de forma permanente sobre una cinta de inspección con aspersion de agua electrolizada, como agente sanitizante.
- Aplicación de aditivos: Los aditivos escogidos fueron ácido cítrico y cloruro de calcio. La determinación de concentraciones y tiempos de inmersión se determinó experimentalmente a través de ensayos anteriores a T<sub>1</sub>, cuyos resultados no serán expuestos en la presente investigación.

La aplicación se realizó por inmersión del producto picado dispuesto en canastos de centrifugación en una tina diseñada y construida específicamente para el proceso, utilizando inyección de aire comprimido, generando burbujeos constantes y cubriendo completamente con la solución el producto picado. El tiempo de inmersión determinado es de 5 min para una concentración de ácido cítrico al 2% y cloruro de calcio al 0,5%. El tiempo es controlado por el operario asignado a la línea de proceso y medido de forma manual con cronómetro.

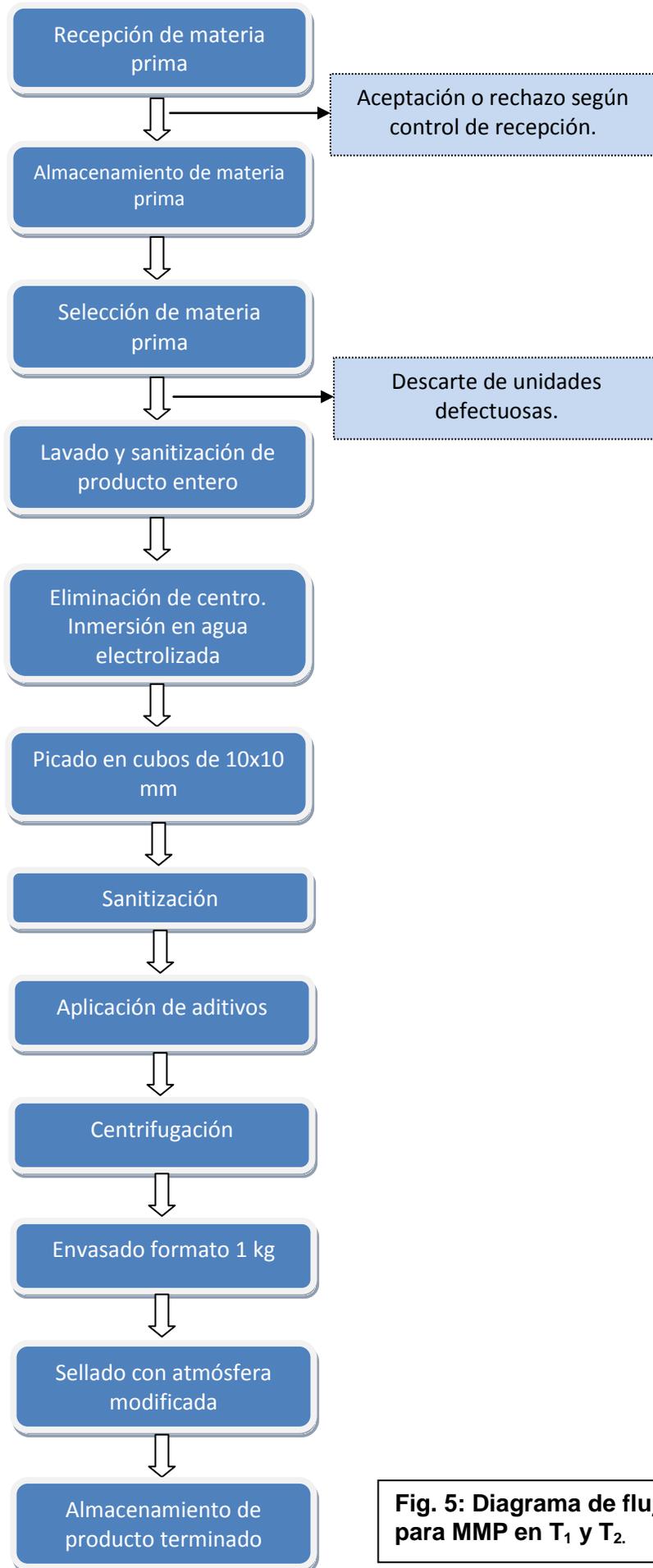
Se determinó la concentración de aditivos y tiempo de inmersión a través de ensayos realizados de forma previa, variando tanto las concentraciones de ácido cítrico y cloruro de calcio como los tiempos de inmersión.

- Centrifugación: los productos tratados son centrifugados en centrifugas programadas a 45 segundos, de carga manual hasta  $\frac{3}{4}$  de capacidad del canasto, 15 kilos aproximadamente.

El tiempo de centrifugación fue determinado de forma previa, observando el daño que se producía en el producto y la cantidad de líquido que se generaba durante el almacenamiento cuando la centrifugación era insuficiente.

- Envasado: el producto centrifugado es envasado y pesado en formatos de 1 kg por un operario asignado en la línea de proceso, utilizando dosificadores manuales de 600 g de capacidad.
- Sellado y aplicación de atmósfera modificada: los envases son sellados previa generación de vacío (529 mBar) e inyección de nitrógeno en campanas de sellado, programadas para generar una atmósfera de O<sub>2</sub> residual < 5%.

- Almacenamiento del producto terminado: los envases sellados son almacenados en equipo de frío a temperatura entre 1- 6°C. El almacenamiento del producto, simula las condiciones reales de manejo del producto en los casinos de alimentación masiva ya que se utiliza el mismo equipo de frío que se encuentran habitualmente en este tipo de instalaciones.



**Fig. 5: Diagrama de flujo de proceso productivo para MMP en T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>.**

## 5.2 Evaluación sensorial

Las evaluaciones sensoriales se hicieron al día 0, 4, 7, 8, 10 y 11, utilizando un panel entrenado compuesto por 5 personas.

Los atributos evaluados fueron; color amarillento y olor característico como atributos de apariencia general del producto; harinosidad y firmeza como atributos contribuyentes de textura; y sabor característico y acidez como atributos complementarios de sabor.

La evaluación se realizó comparando una muestra fresca (muestra A), con el producto procesado y almacenado (muestra B), utilizando como escala de puntuación la siguiente:

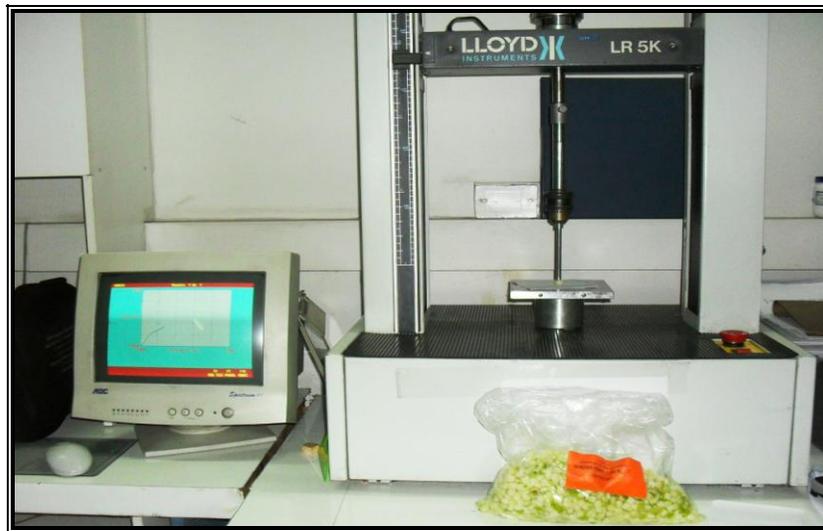
- ✓ 1. Produce rechazo inmediato
- ✓ 2. No aceptable
- ✓ 3. Muy inferior a la muestra A
- ✓ 4. Bastante inferior a la muestra A
- ✓ 5. Inferior a la muestra A
- ✓ 6. Muy parecida a la muestra A
- ✓ 7. Igual a la muestra A

El límite de aceptabilidad comercial se determinó en la nota 5 (inferior a la muestra A), mientras que el de aceptabilidad de consumo se determinó en 4 (bastante inferior a la muestra A).

### 5.3 Determinación de textura

Los días de evaluación fueron 0, 4, 7 y 10 y las pruebas se realizaron por duplicado, tomando 5 muestras de cada bolsa de producto.

La medición de textura se realizó por compresión, utilizando un texturómetro marca Lloyd modelo LR5K, en modo de compresión al 50 % de deformación y 6 mm/min de velocidad.



**Fig. 6: Determinación de textura con equipo universal de ensayos de materiales, Lloyds Instruments.**

### 5.4 Determinación de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>

El producto fue envasado en atmósfera modificada utilizando nitrógeno como gas inerte y dejando una concentración residual de oxígeno aproximada al 5 %.

Los días de evaluación fueron 4, 6, 8 y 11 y las pruebas se realizaron por duplicado.

Se midió la concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> al interior de las bolsas de producto.

El analizador de gases utilizado funciona con un sensor de tipo infrarrojo no dispersivo (NDIR) con filtro de longitud de onda. (PBI Dansensor).

## 5.5 Análisis microbiológicos

Los días de evaluación fueron 0, 4, 7 y 11, las pruebas se realizaron por duplicado.

- Análisis microbiológicos de Enterobacterias con placas Petrifilm 3M homologado al AOAC Oficial Method 2003.01, Laboratorio Microbiología Proverde S.A.
- Análisis microbiológicos de *E. coli* con placas Petrifilm 3M homologado al AOAC Oficial Method 991.14, Laboratorio Microbiología Proverde S.A.
- Análisis microbiológicos de RAM con placas Petrifilm 3M homologado al AOAC Oficial Method 990.12, Laboratorio Microbiología Proverde S.A.



**Fig. 7: Placas Petrifilm 3M en estufa de incubación a 35°C.**

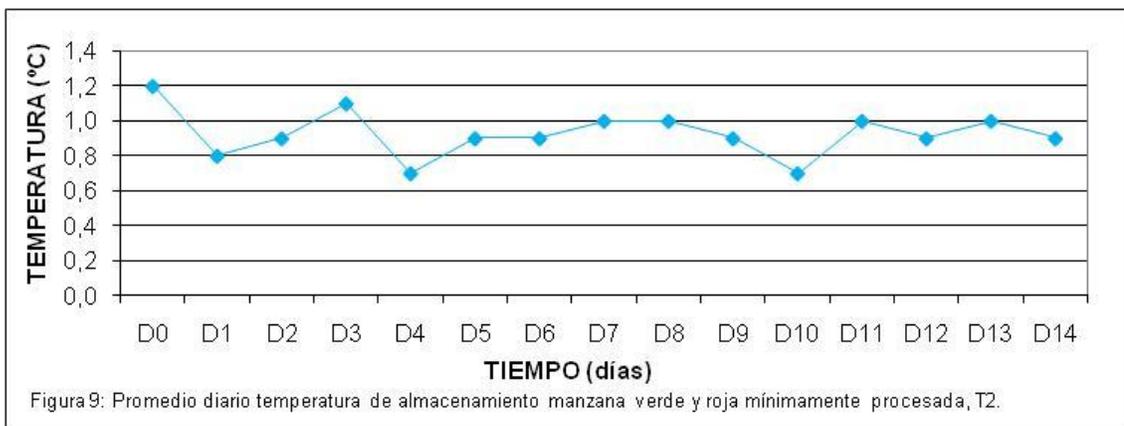
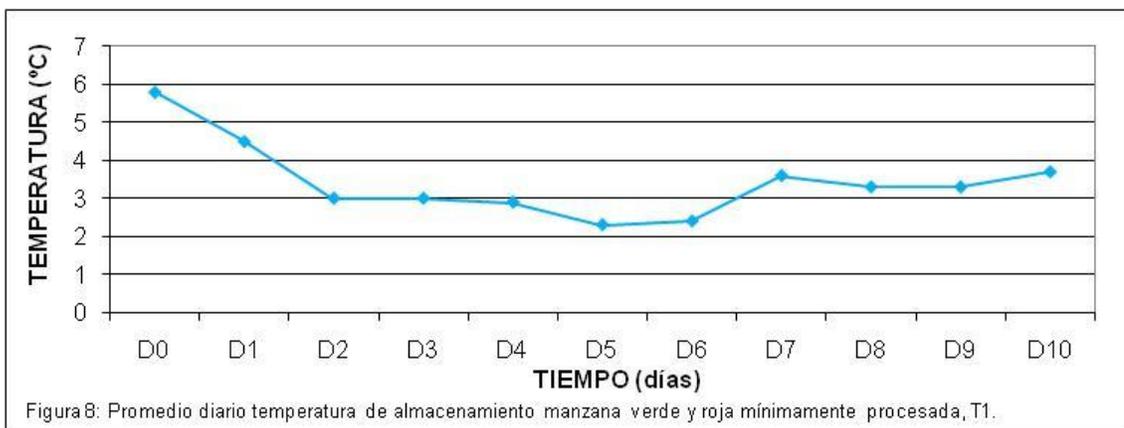
## **5.6 Determinación de °Brix**

Se midieron °Brix los días 0, 4, 6 y 11 utilizando refractómetro Atago, modelo N-1α 0-32°Brix.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 6.1 Control de temperatura durante el almacenamiento de manzana mínimamente procesada en $T_1$ y $T_2$ .

En las Fig. 8 y 9 se presentan las temperaturas de almacenamiento para ambas variedades de manzanas en estudio durante el período  $T_1$  y  $T_2$ , respectivamente. La temperatura promedio fue  $3,4 \pm 2,5$  °C en  $T_1$  y  $0,9 \pm 1,1$  °C en  $T_2$ .

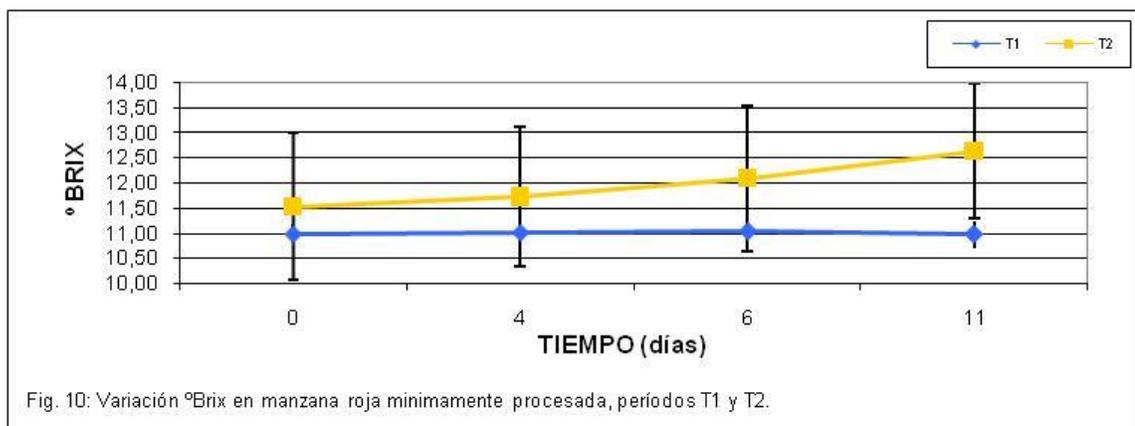


Para ambas temporadas de estudio, las temperaturas obtenidas se encuentran dentro del rango esperable para el almacenamiento del producto, lo que permite controlar los factores de deterioro por medio de la reducción de la tasa de respiración. Además, dado que el equipo escogido para el almacenamiento corresponde a uno de los modelos utilizados en distintos casinos pertenecientes a servicios de alimentación masiva (principales clientes Proverde), se espera que el comportamiento durante la comercialización sea similar a los resultados obtenidos en la presente investigación.

## 6.2 Determinación de °Brix en manzana roja durante el almacenamiento refrigerado entre 1 – 6 °C.

En la Fig. 10 se puede observar la variación de los °Brix durante el tiempo de almacenamiento de muestras analizadas en dos períodos diferentes ( $T_1$  y  $T_2$ ). Los valores encontrados fluctuaron entre 11 y 12,6 °Brix. Se observaron diferencias significativas entre ambos períodos de estudio ( $p < 0,05$ ), sin embargo, en ambos casos no hubo diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ( $p > 0,05$ ). Los °Brix promedio para  $T_1$  fueron de  $11,0 \pm 0,3$  y para  $T_2$   $11,9 \pm 1,4$ .

La diferencia de °Brix entre períodos, se debe al grado de maduración adquirido por las frutas en el transcurso de los meses de almacenamiento de materia prima y a la variabilidad natural existente en las frutas.

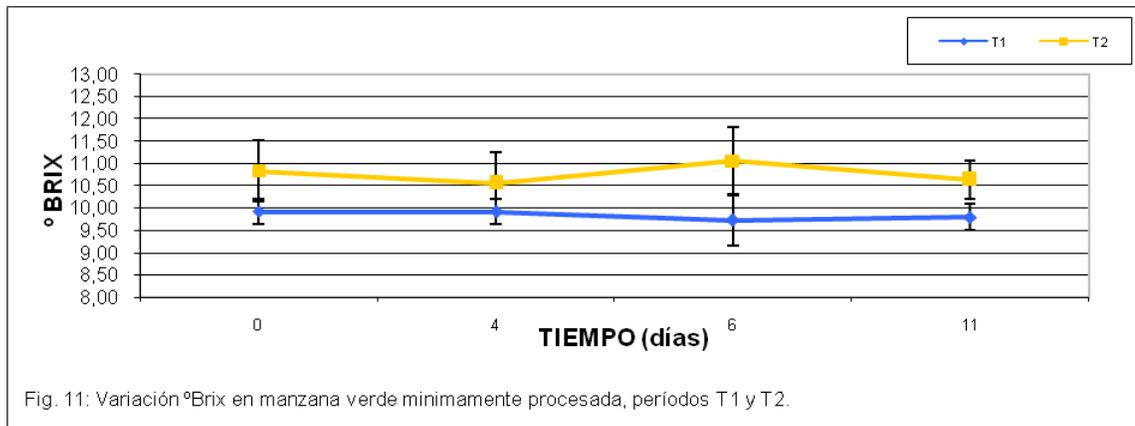


### 6.3 Determinación de °Brix en manzana verde durante el almacenamiento refrigerado entre 1 – 6 °C.

A diferencia de la variedad *Fuji*, en manzanas *Granny Smith* se obtienen valores inferiores de contenido de sólidos solubles, debido a características propias de la variedad. Tal como se observa en la figura 11 los valores encontrados fluctuaron entre 9,8 y 11 °Brix.

Se observaron diferencias significativas en ambos períodos de estudio ( $p < 0,05$ ), sin embargo, en ambos casos no hubo diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento ( $p > 0,05$ ). Los °Brix promedio fueron de  $9,8 \pm 0,4$  para la  $T_1$  y de  $10,8 \pm 0,6$  para la  $T_2$ .

Al igual que para la manzana roja, la diferencia encontrada de °Brix entre períodos, se debe al grado de maduración adquirido por las frutas en el transcurso de los meses de almacenamiento de materia prima y a la variabilidad de las frutas.

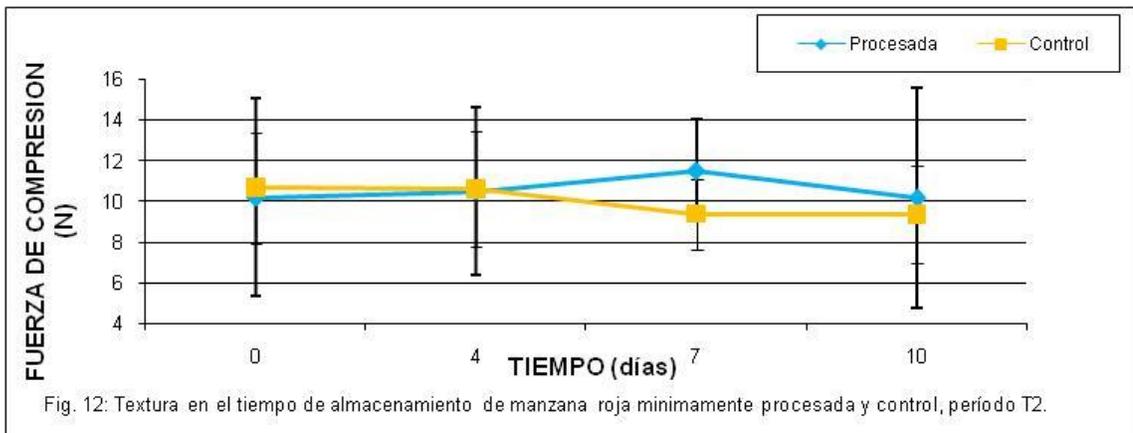


En comparación a referencias bibliográficas, los valores obtenidos en este estudio para el contenido de sólidos solubles fueron inferiores. En estudio de manzana mínimamente procesada (slice) se observó que al 7º día de almacenamiento a 5°C, se obtienen valores de 16 ° Brix para la variedad *Fuji* y 15,3 ° Brix para la variedad *Granny Smith* (Abott, 2004).

#### 6.4 Determinación de textura en manzana roja durante el almacenamiento refrigerado entre 1 – 6 °C.

En la Fig. 12 se puede observar la variación de textura durante el tiempo de almacenamiento en T<sub>2</sub>, tanto para la muestra mínimamente procesada como para la muestra control. No se observaron diferencias significativas en el período de estudio ( $p > 0,05$ ) entre ambas muestras. La textura en promedio durante el período de almacenamiento fue  $11,5 \pm 4,2$  N para la muestra de manzana mínimamente procesada.

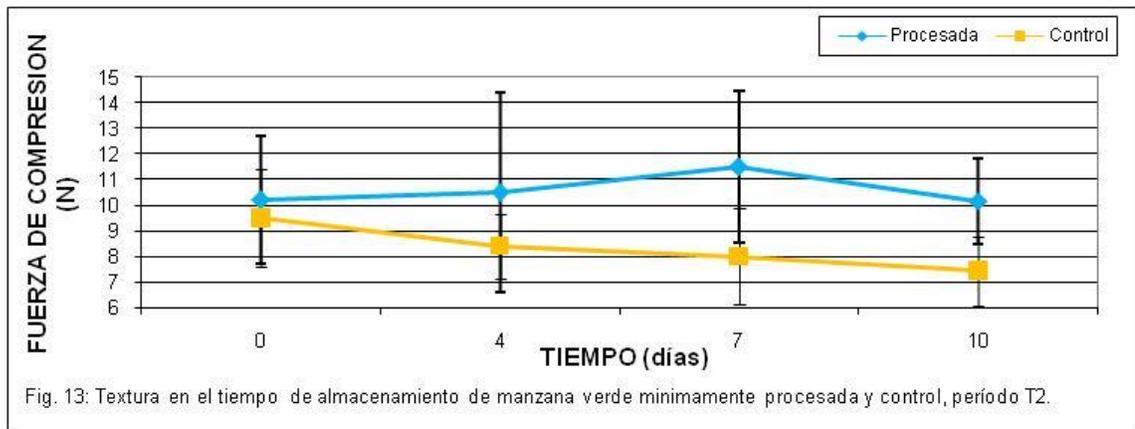
En la muestra control, la textura en promedio durante el período de almacenamiento fue  $10,0 \pm 2,4$  N. La desviación obtenida se debió a que las mediciones se realizaron tomando muestras de producto picado mezcladas al azar, donde sólo algunos cubos tenían cáscara debidas al proceso industrial.



### 6.5 Determinación de textura en manzana verde durante el almacenamiento refrigerado entre 1 – 6 °C.

En la figura 13 se presenta la variación de textura durante el tiempo de almacenamiento en T<sub>2</sub>, tanto para la muestra mínimamente procesada como para la muestra control. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el período de estudio para ambas muestras. La textura en promedio durante el período de almacenamiento fue  $10,6 \pm 2,7$  N para la muestra de manzana mínimamente procesada.

En la muestra control, la textura en promedio durante el período de almacenamiento fue  $8,3 \pm 1,6$  N. La desviación obtenida se debió a que las mediciones se realizaron tomando muestras de producto picado mezcladas al azar, donde sólo algunos cubos tenían cáscara debido al proceso industrial.

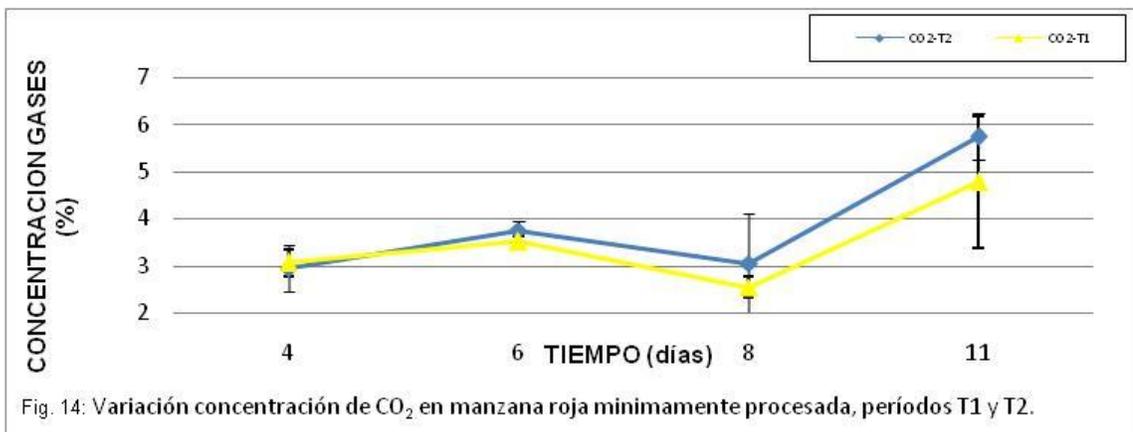


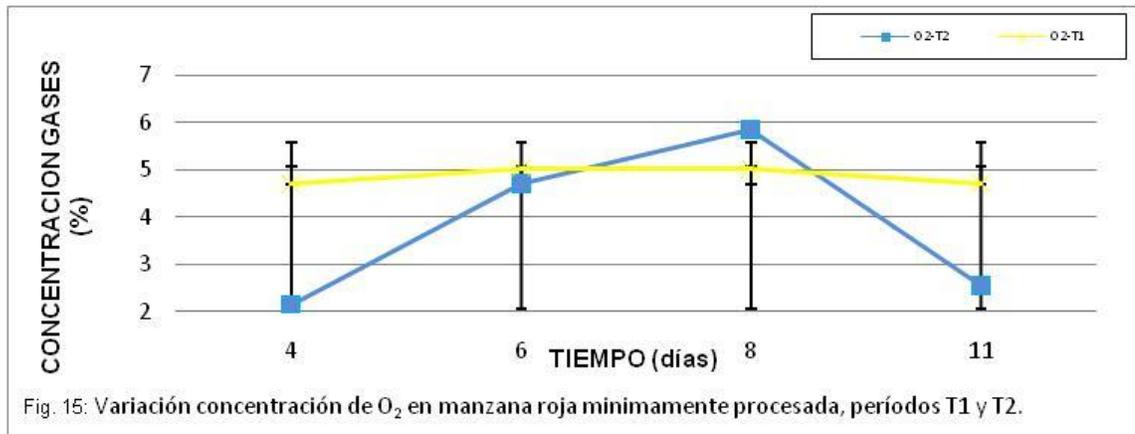
En datos de literatura donde se compararon distintos tratamientos para extender la vida útil de manzanas mínimamente procesadas se controló entre otros atributos de calidad, la textura durante el almacenamiento. Se observó que al 7º día de almacenamiento a 5°C (término de estudio), aplicando una velocidad de deformación de  $1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  con un vástago de 6,35 mm de diámetro hasta 3 mm de profundidad, se obtienen valores de 14,9 N ( $F_{\text{max}}$ ) para la variedad *Fuji* y 13,9 N ( $F_{\text{max}}$ ) para la variedad *Granny Smith* (Abott, 2004).

Si bien las condiciones de ensayo son diferentes para los antecedentes encontrados en literature, respect de lo aplicado en la presente investigación, entre ambas variedades estudiadas se observa que la variedad *Granny Smith* presenta valores inferiores respecto a la variedad *Fuji* al momento de medir la fuerza de compresión aplicable para un rango de deformación definido.

### 6.6 Variación del contenido de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en los envases de manzana roja durante su almacenamiento entre 1 – 6 °C.

En las figuras 14 y 15 se puede observar la variación de la composición gaseosa durante el tiempo de almacenamiento en T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>. Se encontraron diferencias significativas en el período de estudio de cada temporada ( $p < 0,05$ ). Las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> tienen un comportamiento durante el almacenamiento, donde los niveles de O<sub>2</sub> disminuyen y los niveles de CO<sub>2</sub> aumentan hacia el final del período de estudio, debido a la tasa de respiración de la fruta.





### 6.7 Variación del contenido de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en los envases de manzana verde durante su almacenamiento entre 1 – 6 °C.

En las figuras 16 y 17 se puede comparar la variación de la composición gaseosa durante el tiempo de almacenamiento en T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el período de estudio de cada temporada. Las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> tienen un comportamiento durante el almacenamiento, donde los niveles de O<sub>2</sub> disminuyen y los niveles de CO<sub>2</sub> aumentan hacia el final del período de estudio, debido a la tasa de respiración de la fruta.

Entre períodos de estudio T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para las concentraciones de O<sub>2</sub>, mientras que para las concentraciones de CO<sub>2</sub> no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

La variación en los niveles de O<sub>2</sub> se atribuye a condiciones de envasado iniciales en la línea de producción.

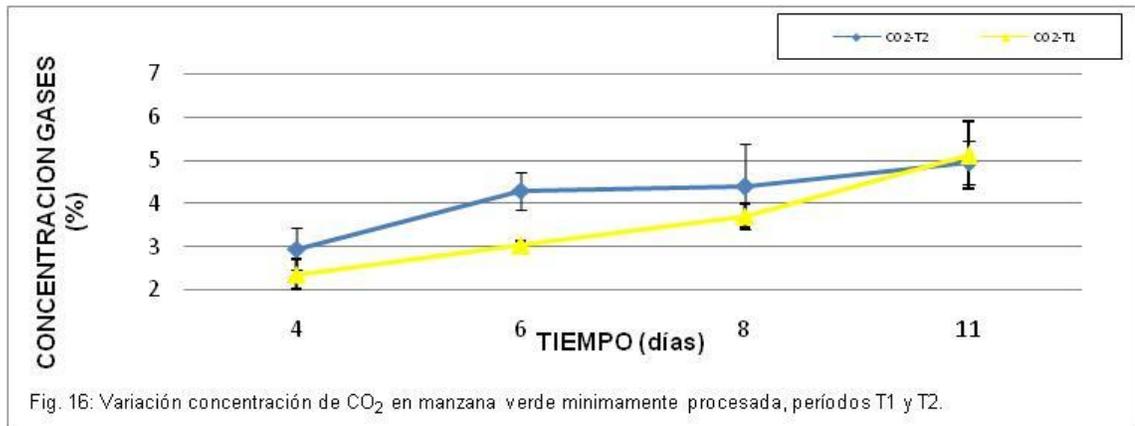


Fig. 16: Variación concentración de CO<sub>2</sub> en manzana verde mínimamente procesada, períodos T1 y T2.

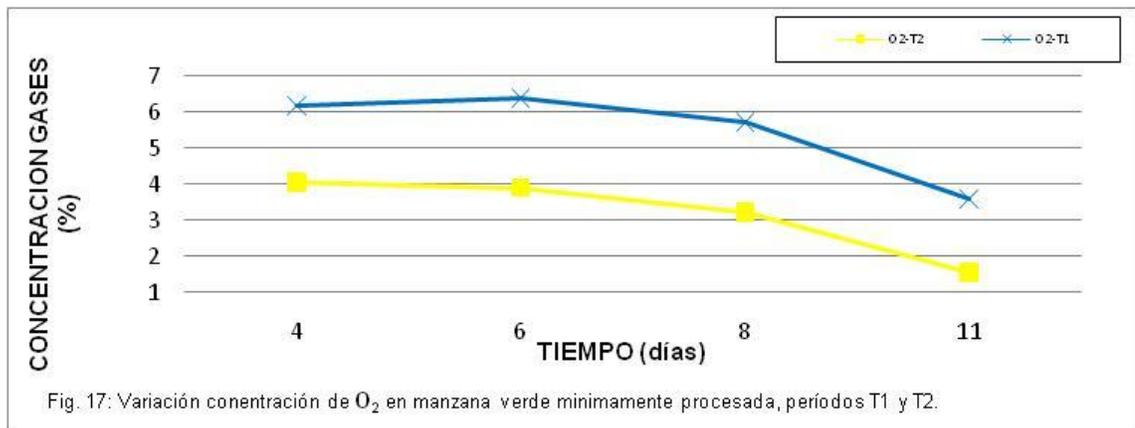


Fig. 17: Variación concentración de O<sub>2</sub> en manzana verde mínimamente procesada, períodos T1 y T2.

En investigaciones realizadas en manzanas *Golden Delicious* y *Granny Smith* mínimamente procesadas y envasadas con atmósfera modificada mediante barrido inicial de O<sub>2</sub> con N<sub>2</sub>, se observó que al 7º día de almacenamiento a 5°C (término del estudio) se obtiene una composición de gases interna en el envase de 17% de O<sub>2</sub> y 4% de CO<sub>2</sub> (Abott, 2004).

Por otro lado, en ensayos realizados con peras mínimamente procesadas de la variedad Flor de Invierno, se observó que en tratamientos con recubrimientos comestibles y envasadas con atmósfera modificada, la concentración de O<sub>2</sub> disminuyó hasta un 5-8 %, mientras que la concentración de CO<sub>2</sub> aumentó hasta 15-20 % (Oliu, 2008).

La composición gaseosa final que se obtiene en un producto mínimamente procesado, como es el caso de manzanas picadas, está sujeto a variables tales como tasa de transferencia de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> del material de envase, espacio de cabeza final que queda

en el producto sellado, temperatura de almacenamiento, y superficie de exposición del producto, entre otras. En el presente estudio, los valores obtenidos de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> no fueron suficientes para generar una condición de anaerobiosis y la correspondiente fermentación del producto.

### 6.8 Análisis microbiológico en manzana roja durante su almacenamiento entre 1 – 6 °C.

En las figuras 18 y 19 se puede observar la variación de la flora microbiana del producto en los períodos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>. La variación en los recuentos en el tiempo, de cada parámetro controlado, no presentó diferencias significativas.

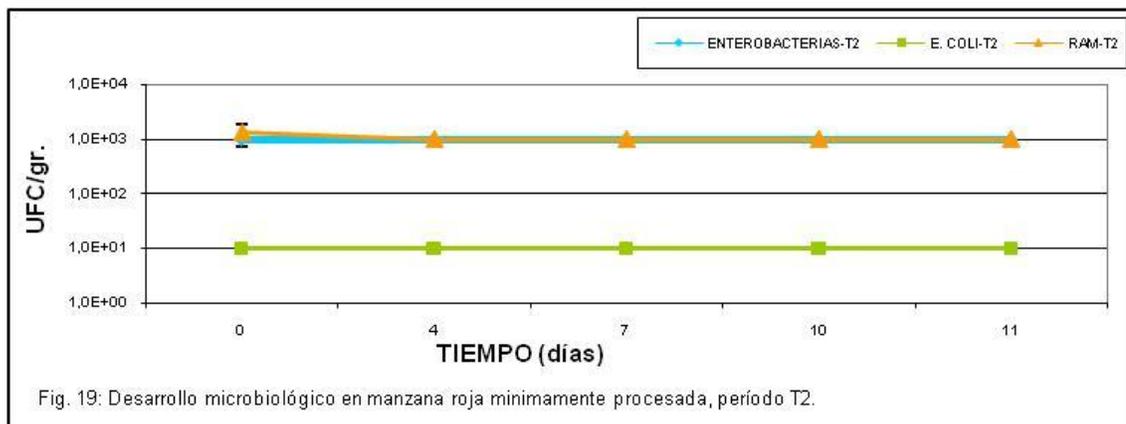
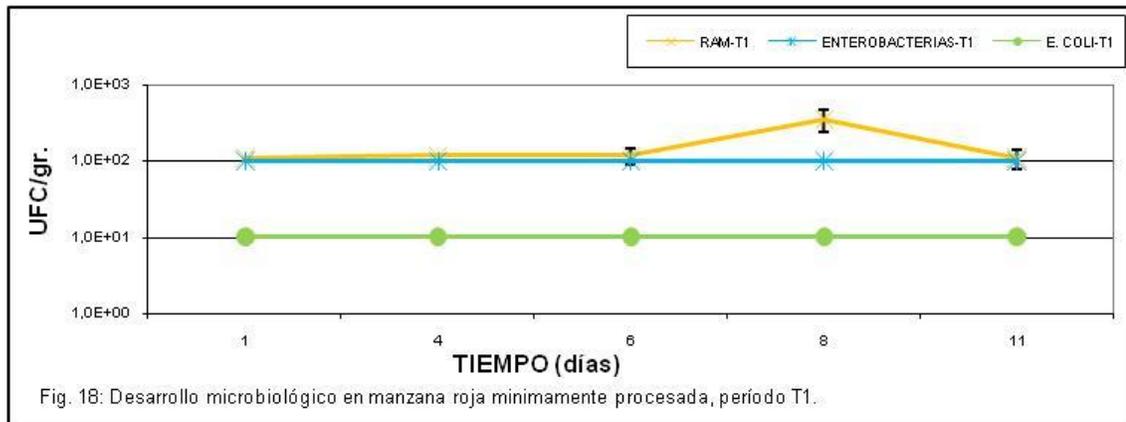
Dado que para T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> se utilizaron diluciones diferentes al efectuar los recuentos de enterobacterias y RAM, no se puede determinar estadísticamente si hubo diferencias significativas en ambos casos.

El resultado obtenido en el análisis de *E. coli* fue < 10 UFC/g, por lo tanto para efectos de expresar los resultados gráficamente se utilizó el valor de 10 UFC/g.

En ambos períodos de estudio, el producto se encuentra bajo los límites microbiológicos inferiores (m), señalados en el Art. 173 punto 14.2 del RSA vigente.

**Tabla 3: Especificaciones microbiológicas para “FRUTAS Y OTROS VEGETALES COMESTIBLES PRE-ELABORADOS, LISTOS PARA EL CONSUMO” Art. 173 punto 14.2 de Reglamento Sanitario de los Alimentos.**

Parámetro	Plan de muestreo				Límite por gramo	
	Categoría	Clases	n	c	m	M
RAM	6	3	5	1	5x10 <sup>4</sup>	5x10 <sup>5</sup>
Enterobacteriaceas	6	3	5	1	5x10 <sup>3</sup>	5x10 <sup>4</sup>
E.coli	6	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
S.aureus	6	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
Salmonella en 25 g	10	2	5	0	0	---



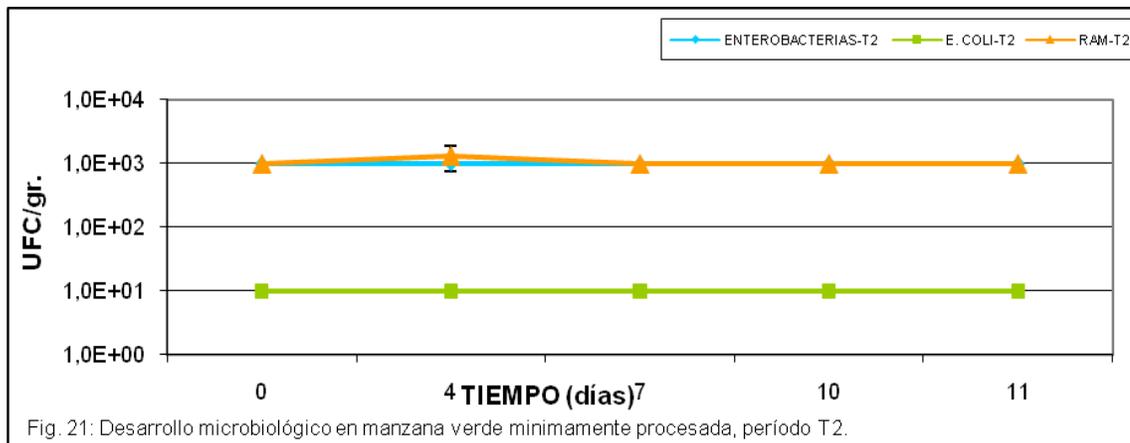
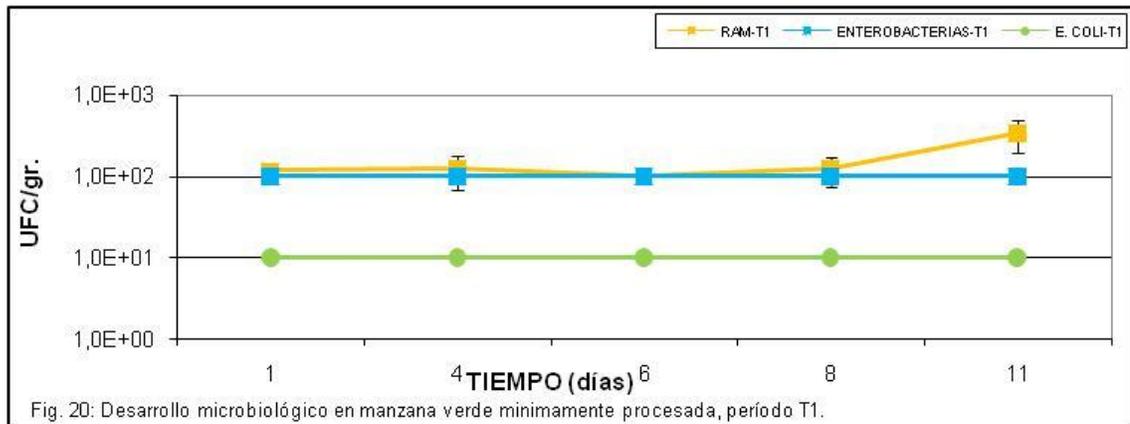
### 6.9 Análisis microbiológico en manzana verde durante su almacenamiento entre 1 – 6 °C.

Al efectuar el control en el tiempo del desarrollo de microorganismos en la variedad *Granny Smith*, para T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en los recuentos entre los días de almacenamiento, en cada uno de los parámetros microbiológicos evaluados (figuras 20 y 21).

En este caso tampoco se pudo efectuar el análisis estadístico de los resultados de T1 y T2, ya que las diluciones utilizadas en el ensayo fueron diferentes, no haciendo posible por lo tanto comparar los recuentos por no contar con valores en el mismo rango.

De igual forma, para graficar los resultados del recuento de *E. coli*, que era  $< 10$  UFC/g, se utilizó el valor de 10 UFC/g.

El producto cumple con lo establecido en el Art. 173 punto 14.2 del RSA vigente.



En reportes de manzanas mínimamente procesadas tratadas con recubrimientos comestibles a base de carrageninas y concentrados proteicos, se observó que luego de dos semanas de almacenamiento a 3°C, se obtienen recuentos totales de mesófilos inferiores a 10<sup>4</sup>UFC/g en todos los tratamientos aplicados (Lee y col. 2003).

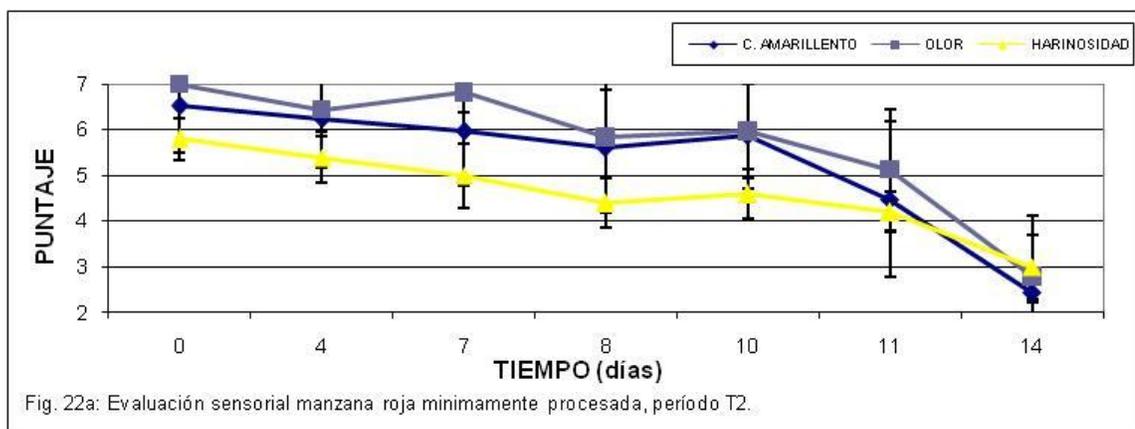
El uso de sustancias antimicrobianas también forma parte de los tratamientos aplicados a frutas mínimamente procesadas. Ejemplo de esto es el uso de Hexanal a concentraciones de 0,225 µL/L en manzana trozada y envasada con atmósfera modificada, para prolongar por 8 días la fase lag de levaduras nativas a una temperatura promedio de almacenamiento de 15°C. Al mismo tiempo, en estas condiciones de almacenamiento el desarrollo de bacterias mesófilas fue retardado por cerca de 20 días (Oms-Oliou, 2010).

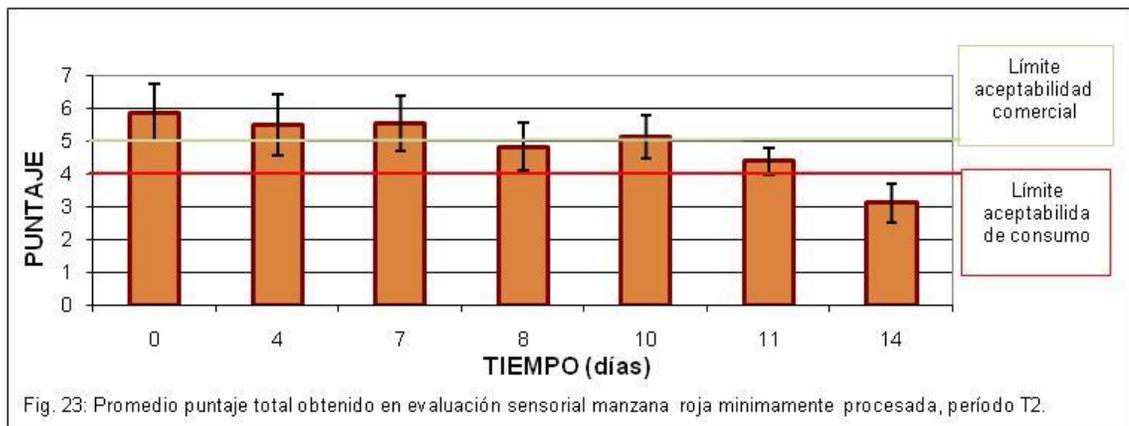
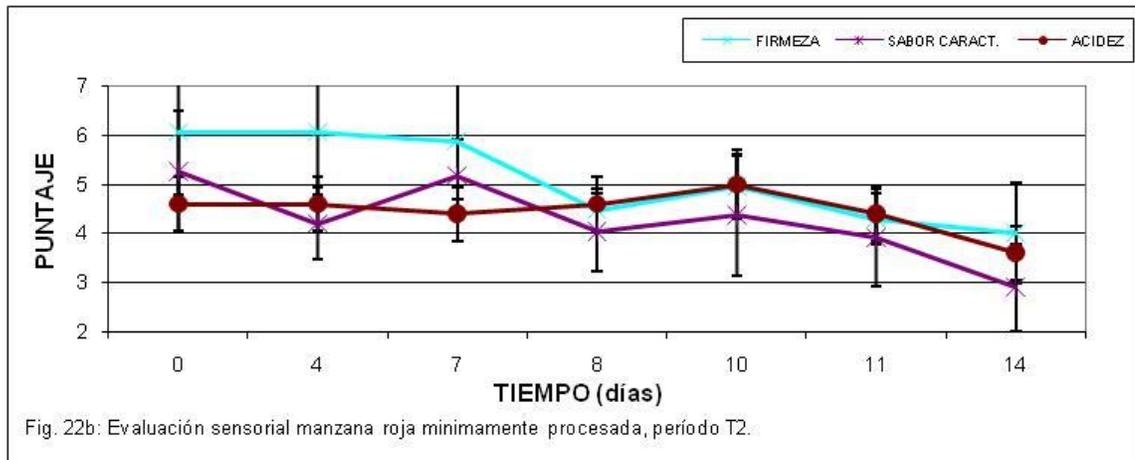
Tanto en la variedad *Fuji* como en *Granny Smith* no fue necesario incorporar tratamientos para el control de flora bacteriana como el anteriormente descrito, ya que en ambos períodos de estudio se obtuvieron recuentos microbiológicos dentro de rango.

### 6.10 Evaluación sensorial en manzana roja durante el almacenamiento entre 1 – 6 °C.

En las figuras 22 (a-b) y 23 se puede observar la variación de los parámetros sensoriales en el tiempo de almacenamiento para T2. Los parámetros evaluados *sabor característico* y *acidez* no presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) durante el período de evaluación. En los parámetros *color amarillento*, *firmeza*, *harinosidad* y *olor*, si se observó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) a partir del día 7 durante el período de evaluación. Estas diferencias significativas se atribuyen al deterioro esperado en el producto durante el almacenamiento, respecto al estado inicial del producto envasado. Al día 11 de evaluación, todos los parámetros sensoriales se encuentran sobre el límite de aceptabilidad de consumo “4,0”. Las mediciones posteriores mostraron resultados promedio inferiores al valor de aceptabilidad de consumo definido para los atributos de *color amarillento*, *olor*, *harinosidad* y *sabor característico*.

El análisis estadístico entre los jueces no arrojó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los parámetros sensoriales evaluados durante el período de estudio.





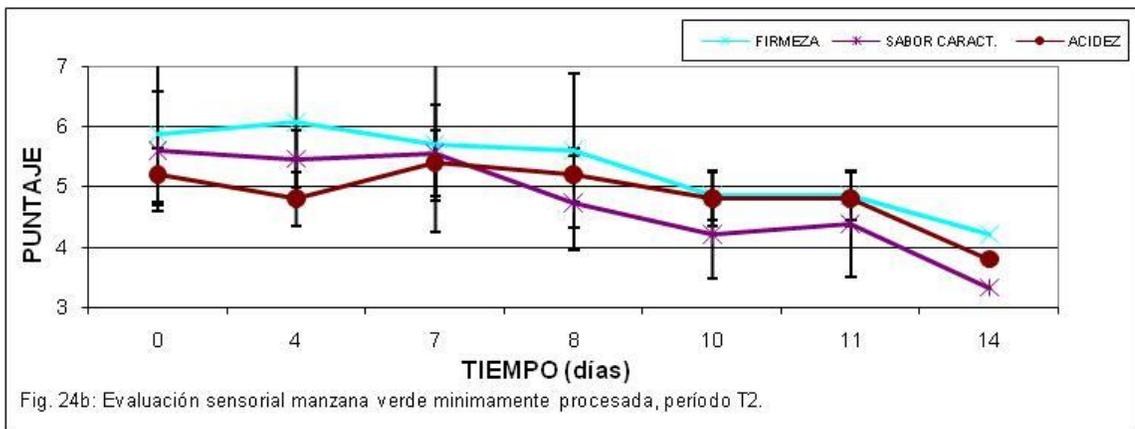
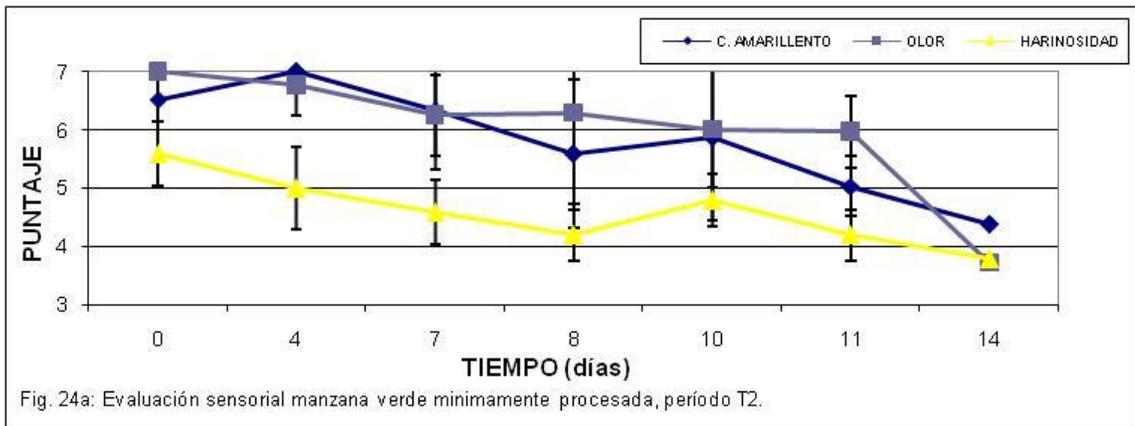
### 6.11 Evaluación sensorial en manzana verde durante el almacenamiento entre 1 – 6 °C.

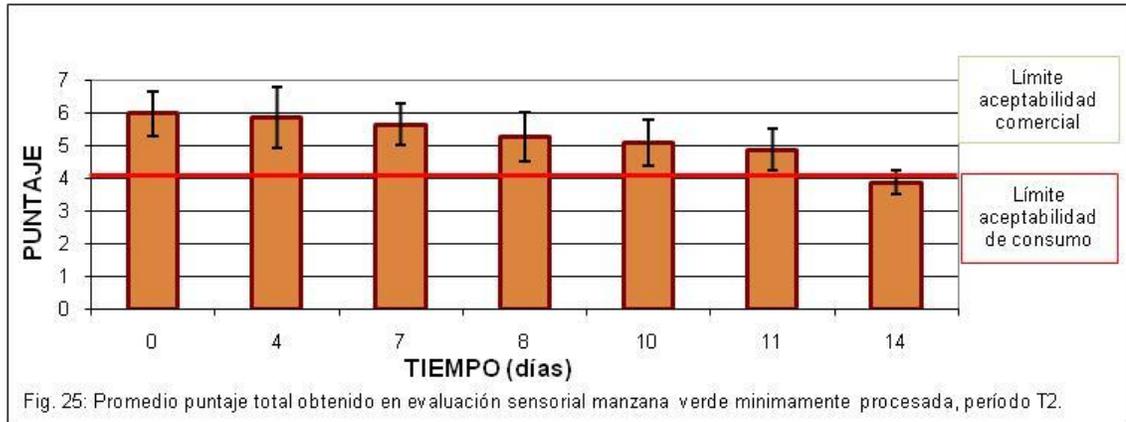
Los parámetros evaluados *sabor característico*, *olor*, *acidez* y *firmeza* no presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) durante el período de evaluación T<sub>2</sub>. (Figuras 24 (a-b) y 25) En cuanto a la evaluación de los parámetros *color amarillento* y *harinosidad*, hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) a partir del día 11 y 4 respectivamente durante el período de evaluación. Estas diferencias significativas se atribuyen al deterioro esperado en el producto durante el almacenamiento, respecto al estado inicial del producto envasado.

Al día 11 de evaluación, todos los parámetros sensoriales cumplen con el límite de aceptabilidad de consumo “4,0”. Las mediciones posteriores mostraron resultados

promedio que están acordes con el límite de aceptabilidad de consumo para todos los parámetros sensoriales evaluados, excepto para *sabor característico* cuyo valor obtenido fue inferior a “4.0”.

El análisis estadísticos entre los jueces evaluadores arrojó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el parámetro *harinosidad*, evaluado durante el período de estudio.





Para las muestras control de ambas variedades en estudio no se realizaron paneles sensoriales debido a que se producía oxidación del producto en un período de 3 horas en promedio.

En un estudio de manzana picada en cubos de la variedad *Jonagored*, donde las muestras no fueron tratadas con antioxidantes y se almacenaron a 4°C en la oscuridad, se observó que la vida útil fue de tres días, ya que el atributo *color* fue el factor crítico que determinó el rechazo en evaluación sensorial (Rocha, 2003).

Por otro lado, en manzanas corte rodaja, tratadas con mezcla comercial de antioxidantes se observó que las variedades *Golden Delicious* y *Granny Smith* tuvieron menor aceptabilidad que las variedades *Fuji* y *GoldRush* en cuanto al atributo de sabor y textura (Abbott, 2004).

La vida útil determinada en el presente estudio, quedó definida por los parámetros sensoriales, siendo el factor limitante común en ambas variedades el atributo “*sabor característico*”, ya que se generaron sabores alcohólicos asociados a la fermentación de los productos.

Si bien las mediciones de textura fueron inferiores para la variedad *Granny Smith*, se observa que independiente de este parámetro el comportamiento en almacenamiento de la variedad *Fuji* es inferior en términos de atributos sensoriales, ya que el promedio de notas por parámetro sensorial medido fue superior al día 14 para la variedad *Granny Smith*, obteniendo puntuación inferior a 4.0 solo para el atributo de “*sabor característico*”. No así para la variedad *Fuji*, cuyos únicos parámetros con nota de evaluación aceptable (4.0 o superior) fueron *Acidez* y *Firmeza*. Esto determina que para ambas variedades la vida útil sea 11 días, período en el cual aún se obtienen notas dentro del límite de aceptabilidad de consumo.

## 7 CONCLUSIONES

- El control de oxidación en manzanas picadas, se realizó por inmersión durante 2 minutos en una mezcla de ácido cítrico al 2% y cloruro de calcio al 0,5%. Esto junto con centrifugación durante 45 segundos y envasado con atmósfera modificada a una concentración inicial de  $O_2 < 5\%$ .
- Los parámetros microbiológicos determinados no experimentaron variaciones significativas, cumpliendo con los rangos de recuentos establecidos por el RSA vigente.
- La variedad *Granny Smith* mostró mayor estabilidad en cuanto a variación de parámetros sensoriales evaluados respecto a la variedad *Fuji*, lo que la hace ser una variedad preferencial en términos comerciales.
- En las dos variedades de manzanas estudiadas, la vida útil se encuentra limitada por parámetros sensoriales, siendo factor crítico común el atributo *sabor característico*.
- Se determinó que las manzanas picadas en cubos de 10 mm x 10 mm x 10 mm, tratadas con mezcla de aditivos, envasadas bajo condiciones de atmósfera modificada y almacenadas a temperatura entre 1 y 6°C, tienen una vida útil de 11 días, tanto para la variedad *Granny Smith* como *Fuji*. A diferencia de las muestras no tratadas, donde la aceptabilidad para el consumo según atributos sensoriales se reduce a un período de 3 horas en promedio, debido a la oxidación.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- A. Larry Branen “et al” FOOD Additives. 2ª ed. New York, Marcel Dekker, 2002, 953p.
- Aguayo Giménez Encarnación, Innovaciones Tecnológicas en la Conservación de Melón y Tomate Procesado en Fresco. Tesis Doctoral. Cartagena, España, Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ingeniería en Alimentos y del Equipamiento Técnico, 2003, 425p.
- A.M.C.N. Rocha, A.M.M.B. Morais. Shelf life processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes. Food Control 14, 13:20, 2003.
- Belitz, H.-D y Grosch, W. Química de los Alimentos, 2ª ed. Zaragoza, Acribia, 1997, 1087p.
- Gemma Oms-Oliou, Soliva-Fortuny R., Martín-Belloso O. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. Postharvest Biology and Technology 50 (2008) 87-94.
- Gemma Oms-Oliou “et al”. Recent Approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh cut fruit. Postharvest Biology and Technology (2010) 1-10.
- Gunes G., Hotchkiss J.H., Watkins C.B. Effects of gamma irradiation on the texture of minimally processed Apple slices. Food Chemistry and Toxicology 63:67. 2001.
- HANS-Walter H.y Fiona Heldt. Plant Biochemistry. 3ª ed, USA, Elsevier Inc., 2005, 657p.
- Hormazabal Torres, Paola Alejandra. Efecto de la IV Gama en la Mezcla de Lechuga (*Lactuca sativa*) Tipo Escarola y Palta (*Persea americana* Mill) cvs. Edranol, Hass y Negra de La Cruz. Taller de licenciatura. Santiago, Chile, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, 1999. 53h.
- International Controlled Atmosphere Research Conference (7ª, 1997, University of California, Davis).
- J. Y. Lee “et al”. Lebensm.-Wiss. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. U.-Technol. 36 (2003) 323-329.
- Judith A. Abbott “et al”. Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of ‘Fuji,’ ‘Golden Delicious,’ ‘GoldRush,’ and ‘Granny Smith’ apples. Postharvest Biology and Technology 33(2004) 137-140.

- Laminkara Olusola. Fresh-cut Fruits and Vegetables Science, Technology and Market. CRC Press. 2002, 452p.
- Mitchan Elizabeth J. Crisosto Carlos H. Kader Adel A. Manzana: *Fuji*, recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha [en línea] <[http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Manzana\\_Fuji/](http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Manzana_Fuji/)> [consulta: 10 de septiembre 2011].
- Mitchan Elizabeth J. Crisosto Carlos H. Kader Adel A. Manzana: *Granny Smith*, Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha [en línea] <[http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Manzana\\_Granny\\_Smith/](http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Manzana_Granny_Smith/)> [consulta: 10 de septiembre 2011].
- D.S 977/96 CHILE. Reglamento Sanitario de los Alimentos. Ministerio de Salud, República de Chile, mayo de 2008.D.S 977/96 CHILE. Reglamento Sanitario de los Alimentos. Ministerio de Salud, República de Chile, mayo de 2008.