

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**ESTUDIO DEL EFECTO DE LAS DISTINTAS
ETAPAS DEL PROCESAMIENTO MÍNIMO DE
FRUTOS CÍTRICOS SOBRE SU CALIDAD
INTERNA GLOBAL**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Ing. Mariángeles Cocco

Dirigida por:

Dra. Ana Albors Sorolla

Dr. Daniel Vázquez

Diciembre de 2015

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a quienes dirigieron esta tesis, Ana y Daniel, por los consejos, la colaboración y el acompañamiento en la realización de esta tesis.

A los evaluadores, que se hicieron correcciones y sugerencias para mejorar el trabajo.

A mis compañeros del grupo de trabajo: Nanci Almirón, Laura Eyman, Fernando Bello y Guillermo Meier por su colaboración en la realización de los distintos ensayos.

Agradezco al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria por la libertad de trabajo y por financiar las investigaciones de esta tesis.

También va mi agradecimiento a la Universidad Politécnica de Valencia y a la Facultad de Ciencias de la Alimentación de la Universidad Nacional de Entre Ríos, ya que debido a su trabajo coordinado permitieron la realización de este doctorado. El mismo nos ha dado la oportunidad de actualizarnos en nuestra especialidad a través de los cursos y de desarrollar nuestra tarea de investigación a través de la realización del trabajo de tesis.

A todos los que me acompañaron en este proceso, a mi familia, a mis amigos que siempre me acompañan.

A todos los que confiaron en mí y me alentaron ...

Muchas gracias

RESUMEN

El procesamiento mínimo en frutos cítricos implica operaciones que pueden provocar una respuesta fisiológica del fruto. Esto puede llevar a una reducción de la vida útil del producto, debido al desarrollo de sabores desagradables, además de pérdidas de compuestos bioactivos. Es necesario conocer el efecto de distintas etapas sobre la calidad interna y seleccionar las condiciones de conservación más adecuadas para obtener un producto de calidad similar al fruto fresco.

El objetivo de esta tesis fue evaluar el efecto del descascarado, segmentación, atmósfera de envasado y temperatura de conservación sobre la modificación de diferentes parámetros de calidad interna en naranjas, mandarinas y pomelos mínimamente procesados, para determinar las etapas que minimicen las pérdidas de la calidad de fruta fresca.

Para ello, se seleccionó la temperatura adecuada de conservación, se comparó el efecto del método de descascarado (enzimático, por infusión térmica o manual) y el efecto de la segmentación de los frutos, sobre la calidad interna. Por último, se comparó el envasado en atmósfera modificada activa y pasiva, con un envasado en envase microperforado, sobre la calidad interna de naranjas Navelate y Cara cara, mandarina Pixie y pomelo Star Ruby mínimamente procesados.

Se observó que, de todas las etapas evaluadas, el método de descascarado fue el ocasionó pérdidas de calidad interna más importantes, y en segundo lugar la atmósfera de envasado con bajo nivel de oxígeno. El método de descascarado por infusión térmica provocó un aumento en el contenido de volátiles de las mandarinas y naranjas y el método enzimático alteró la calidad del pomelo. La segmentación acentuó la pérdida de calidad interna en naranjas y pomelos, pero no en mandarinas. Las temperaturas de conservación que evitaron pérdidas de calidad fueron de 0-4 °C. En estas condiciones los frutos mantuvieron la calidad aceptable hasta 7 días, ya que con el paso del tiempo van aumentando las pérdidas de calidad. Por último, la atmósfera del envase con bajo nivel de oxígeno (inferior al 13%) provocó un aumento de volátiles, por lo que el empleo de una película perforada, que evita la reducción de oxígeno, minimiza las pérdidas de calidad interna.

Se puede concluir que todas las etapas evaluadas afectan la calidad interna de los frutos mínimamente procesados observada de forma global, aunque en diferente medida. Sin embargo, estas pérdidas de la calidad interna son leves y se pueden obtener productos con buena calidad hasta 7 días de conservación a bajas temperaturas, con el valor agregado de la practicidad de consumo.

Palabras clave: naranjas, mandarinas, pomelos, mínimamente procesados, volátiles, capacidad antioxidante

RESUM

El processament mínim en fruits cítrics enclou operacions que poden provocar una resposta fisiològica del fruit. Açò pot produir una reducció de la vida útil del producte, a causa del desenrotllament de sabors desagradables, a més de pèrdues de compostos bioactives. És necessari conèixer l'efecte de distintes etapes sobre la qualitat interna i seleccionar les condicions de conservació més adequades per a obtindre un producte de qualitat semblant al fruit fresc.

L'objectiu d'esta tesi va ser avaluar l'efecte del pelat, segmentació, atmosfera d'envasament i temperatura de conservació) sobre la modificació de diferents paràmetres de qualitat interna en taronges, mandarines i pomelos mínimament processats, per a determinar les etapes que minimitzen les pèrdues de la qualitat de fruita fresca.

Per a això, es va seleccionar la temperatura adequada de conservació, es va comparar l'efecte del mètode de pelat (enzimàtic, per infusió tèrmica o manual) i l'efecte de la segmentació dels fruits, sobre la qualitat interna. Finalment, es va comparar l'envasament en atmosfera modificada activa i passiva, amb un envasament en envàs microperforació, sobre la qualitat interna de taronges Navelate i Cara cara, mandarina Pixie i pomelo Star Ruby mínimament processats.

Es va observar que, de totes les etapes avaluades, el mètode de pelat va ser el que va ocasionar pèrdues de qualitat interna més importants, i en segon lloc l'atmosfera d'envasament amb baix nivell d'oxigen. El mètode de pelat per infusió tèrmica va provocar un augment en el contingut de volàtils de les mandarines i taronges i el mètode enzimàtic va alterar la qualitat del pomelo. La segmentació va accentuar la pèrdua de qualitat interna en taronges i pomelos, però no en mandarines. Les temperatures de conservació que van evitar pèrdues de qualitat van ser de 0 a 4°C. En estes condicions els fruits van mantindre la qualitat acceptable fins a 7 dies, ja que amb el pas del temps van augmentant les pèrdues de qualitat. Finalment, l'atmosfera de l'envàs amb baix nivell d'oxigen (< 13%) va provocar augment de volàtils, l'ús d'una pel·lícula perforada, que evita la reducció d'oxigen, minimitza les pèrdues de qualitat interna.

S'ha observat que totes les etapes avaluades afecten la qualitat interna dels fruits mínimament processats des d'un punt de vista global, encara que en diferent mesura. No obstant això, estes pèrdues de la qualitat interna són lleus i es poden obtindre productes amb bona qualitat fins a 7 dies de conservació a baixes temperatures, amb el valor agregat de la practicitat de consum.

Paraules clau: taronges, mandarines, pomelos, mínimament processats, volàtils, capacitat antioxidant

ABSTRACT

The minimal processing of citrus fruits involves operations that can cause a physiological response of fruit. This can lead to a reduction in product shelf life, due to the development of off-flavors, as well as losses of bioactive compounds.

The aim of this thesis was to evaluate the effect of peeling, segmentation, packaging atmosphere and storage temperature on quality maintenance of fresh-cut oranges, mandarins and grapefruits to determine those that minimize losses of quality.

First, the appropriate storage temperature was selected. Then the effect of the method of peeling (enzymatic, thermal infusión and manual) and of segmentation the fruit on internal quality was compared. Last, the packaging in active and passive modified atmosphere compared with a microperforated packaging on the internal quality of 'Navelate' and 'Cara cara' oranges, 'Pixie' mandarin-type fruits and 'Star Ruby' grapefruits minimally processed was evaluated.

The peeling was the processing step causing the highest quality losses, followed by modified atmosphere packing. Peeling by thermal infusion increased the acetaldehyde and ethanol production of oranges and mandarins and grapefruit quality was altered by the enzymatic method. Fruit segmentation reduced quality in oranges and grapefruits, but not in mandarins. Quality maintenance was highest when fruit was stored at 0-4 °C. Finally, oxygen concentration below 13% increased the ethanol content and should be avoided.

All evaluated stages affect the overall internal quality of the fruits, though to varying degree. However, these losses in overall internal quality are mild and can be obtained a fresh product up to 7 days of storage at low temperatures, with the added value of to be easy to consume.

Key words: oranges, mandarins, grapefruits, minimally processed, volatile, antioxidant activity

INDICE DE CONTENIDO

Capítulo I: Introducción	1
I.1. Citricultura argentina	2
I.2. Promoción del consumo de frutas	3
I.3. Características de los frutos cítricos	3
I.3.1. Calidad interna de los frutos cítricos	4
I.3.2. Mandarinas	4
I.3.3. Naranjas	5
I.3.4. Pomelos	5
I.4. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas	5
I.5. Efecto del procesamiento sobre la calidad de la fruta fresca.....	6
I.5.1. Descascarado	7
I.5.2. Segmentación de los frutos	7
I.5.3. Temperatura de conservación	8
I.5.4. Composición de la atmósfera	8
I.6. Hipótesis	10
I.7. Objetivo General	10
I.8. Objetivos Específicos	10
Capítulo II: Efecto de la temperatura de conservación sobre la pérdida de calidad de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos	11
II.1. Introducción	12
II.2. Materiales y métodos	12
II.2.a) Material biológico	12
II.2.b) Proceso	13
II.2.c) Variables evaluadas	13
II.2.d) Análisis estadístico	14
II.3. Resultados y discusión	15
II.3.1. Calidad inicial	15
II.3.2. Pérdidas de calidad	16
II.3.2.1. Efecto de la temperatura	17
II.3.2.2. Efecto del tiempo de conservación	18
II.3.3. Calidad final	20
II.3.4. Análisis multivariado de la pérdida de calidad interna	22
II.4. Conclusión	24
Capítulo III: Efecto del método de descascarado sobre la pérdida de calidad de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos	26
III.1. Introducción	27
III.2. Materiales y métodos	28
III.2.a) Material biológico	28
III.2.b) Proceso	28
III.2.c) Variables evaluadas	28

III.2.d) Análisis estadístico	29
III.3. Resultados y discusión	29
III.3.1. Calidad inicial	29
III.3.2. Pérdidas de calidad	31
III.3.2.1. Pérdida de peso	31
III.3.3. Calidad interna	32
III.3.3.a. Naranja Cara cara	32
III.3.3.b. Naranja Navelate	33
III.3.3.c. Mandarina Pixie	34
III.3.3.d. Pomelo Star Ruby	35
III.3.4. Pérdida de calidad interna	35
III.3.4.a. Naranja Cara cara	35
III.3.4.b. Naranja Navelate	36
III.3.4.c. Mandarina Pixie	37
III.3.4.d. Pomelo Star Ruby	37
III.3.5. Análisis multivariado de las pérdidas de calidad interna	39
III.4. Conclusión	41

Capítulo IV: Efecto de la segmentación sobre la pérdida de calidad de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos

IV.1. Introducción	43
IV.2. Materiales y métodos	44
IV.2.a) Material biológico	44
IV.2.b) Proceso	44
IV.2.c) Variables evaluadas	45
IV.2.d) Análisis estadístico	45
IV.3. Resultados y discusión	45
IV.3.1. Calidad inicial	45
IV.3.2. Pérdidas de calidad	46
IV.3.2.1. Pérdida de peso	46
IV.3.3. Calidad interna	48
IV.3.3.a. Naranja Cara cara	48
IV.3.3.b. Naranja Navelate	49
IV.3.3.c. Mandarina Pixie	50
IV.3.3.d. Pomelo Star Ruby	52
IV.3.4. Pérdida de calidad interna	53
IV.3.5. Análisis multivariado de las pérdidas de calidad interna	56
IV.4. Conclusión	58

Capítulo V: Envasado en distintas atmósferas modificadas de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos para disminuir sus pérdidas de calidad durante la conservación

V.1. Introducción	61
V.2. Materiales y métodos	62

V.2.a) Material biológico	62
V.2.b) Proceso	62
V.2.c) Variables evaluadas	63
V.2.d) Análisis estadístico	64
V.3. Resultados y discusión	64
V.3.1. Calidad inicial	64
V.3.2. Pérdidas de calidad	65
V.3.2.1. Pérdida de peso	65
V.3.3. Calidad interna	66
V.3.3.a. Naranjas Cara cara y Navelate	66
V.3.3.b. Mandarina Pixie	68
V.3.3.c. Pomelo Star Ruby	70
V.3.4. Pérdida de calidad interna	71
V.3.4.a. Naranjas Cara cara y Navelate	71
V.3.4.b. Mandarina Pixie	73
V.3.4.c. Pomelo Star Ruby	73
V.3.5. Análisis multivariado de las pérdidas de calidad interna	74
V.4. Conclusión	76
Capítulo VI: Conclusiones	78
Bibliografía	81

INDICE DE TABLAS

Capítulo II: Efecto de la temperatura de conservación sobre la pérdida de calidad de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos

Tabla II.1. Calidad interna inicial de los frutos de las distintas variedades para las dos campañas evaluadas	15
Tabla II.2. Análisis de la varianza de pérdida de parámetros de calidad interna con distintas temperaturas y tiempos de conservación	16
Tabla II.3. Calidad interna de los frutos de las distintas variedades luego de 7 días	20
Tabla II.4. Calidad interna de los frutos de las distintas variedades luego de 10 días	21
Tabla II.5. Autovalores y proporción del análisis de componentes principales	23
Tabla II.6. Autovectores correspondiente del análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad	24

Capítulo III: Efecto del método de descascarado sobre la pérdida de calidad de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos

Tabla III.1. Calidad interna inicial de los frutos de las distintas variedades para las 2 campañas evaluadas	30
Tabla III.2. Calidad interna final de los gajos de naranja Cara cara con distinto método de descascarado	32
Tabla III.3. Calidad interna final de los gajos de naranja Navelate con distinto método de descascarado	33
Tabla III.4. Calidad interna final de los gajos de mandarina Pixie con distinto método de descascarado	34
Tabla III.5. Calidad interna final de los gajos de pomelo Star Ruby con distinto método de descascarado	35
Tabla III.6. Análisis de la varianza de pérdida de parámetros de calidad interna según el método de descascarado	36

Tabla III.7. Autovalores y proporción del ACP por variedad	39
Tabla III.8. Autovalores y proporción del ACP por especie	39
Tabla III.9. Autovectores del Análisis de Componentes Principales para las pérdidas de calidad	41

Capítulo IV: Efecto de la segmentación sobre la pérdida de calidad de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos

Tabla IV.1. Calidad interna inicial de los frutos de las distintas variedades para las 2 campañas evaluadas	46
Tabla IV.2. Calidad interna final de naranjas Cara cara con distinta segmentación	48
Tabla IV.3. Calidad interna final de naranjas Navelate con distinta segmentación	49
Tabla IV.4. Calidad interna final de mandarinas Pixie con distinta segmentación	51
Tabla IV.5. Calidad interna final de pomelos Star Ruby con distinta segmentación	52
Tabla IV.6. Análisis de la varianza de pérdida de parámetros de calidad interna según el método de segmentación	54
Tabla IV.7. Autovalores y proporción del ACP por variedad	57
Tabla IV.8. Autovalores y proporción del ACP por especie	57
Tabla IV.9. Autovectores del análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad de cada especie cítrica	58

Capítulo V: Envasado en distintas atmósferas modificadas de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos para disminuir sus pérdidas de calidad durante la conservación

Tabla V.1. Composición gaseosa de la atmósfera de los distintos tratamientos luego de 7 días a 2 °C	63
Tabla V.2. Calidad interna inicial de los frutos de las distintas variedades para las dos campañas evaluadas	64
Tabla V.3. Calidad interna final de los gajos de naranjas Cara cara con distintos tipos de envase	67

Tabla V.4. Calidad interna final de los gajos de naranjas Navelate con distintos tipos de envase	67
Tabla V.5. Calidad interna final de los gajos de mandarina Pixie con distintos tipos de envase	69
Tabla V.6. Calidad interna final de los gajos de pomelo Star Ruby con distintos tipos de envase	70
Tabla V.7. Análisis de la varianza de pérdida de parámetros de calidad interna según la atmósfera de envase	71
Tabla V.8. Autovalores y proporción del ACP por variedad	74
Tabla V.9. Autovalores y proporción del ACP por especie	75
Tabla V.10. Autovectores del análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad de cada especie cítrica	75

INDICE DE FIGURAS

Capítulo II: Efecto de la temperatura de conservación sobre la pérdida de calidad de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos

Figura II.1. Variación porcentual de parámetros de calidad (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) respecto a la cosecha para cada variedad	17
Figura II.2. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para cada temperatura de conservación	18
Figura II.3. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para cada tiempo de conservación	19
Figura II.4. Gajos de naranja Cara cara, luego de 10 días de conservación a 0, 4 y 8 °C	22
Figura II.5. Análisis de componentes principales para las variaciones de calidad durante la conservación	23

Capítulo III: Efecto del método de descascarado sobre la pérdida de calidad de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos

Figura III.1. Gajos de mandarina Pixie descascarado por el método enzimático, de infusión térmica o manual	31
Figura III.2. Pérdida de peso escurrido de los gajos de naranjas cv. Cara cara y cv. Navelate, mandarinas cv. Pixie y pomelos cv. Star Ruby	31
Figura III.3. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para cada tipo de descascarado en naranjas cv. Cara cara	36
Figura III.4. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para cada tipo de descascarado en naranjas cv. Navelate	37
Figura III.5. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para cada tipo de descascarado en mandarinas cv. Pixie	38
Figura III.6. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para cada tipo de descascarado en pomelos cv. Star Ruby	38

Figura III.7. Análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad para cada especie cítrica en función del método de descascarado	40
---	----

Capítulo IV: Efecto de la segmentación sobre la pérdida de calidad de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos

Figura IV.1. Naranjas Cara cara con distinto tipo de segmentación	47
Figura IV.2. Pérdida de peso escurrido de naranjas cv. Cara cara y cv. Navelate, mandarinas cv. Pixie y pomelos cv. Star Ruby con distinto tipo de segmentación	47
Figura IV.3. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para cada tipo de segmentación en naranjas cv. Cara cara	54
Figura IV.4. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para cada tipo de segmentación en naranjas cv. Navelate	54
Figura IV.5. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para cada tipo de segmentación en mandarinas cv. Pixie	55
Figura IV.6. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para cada tipo de segmentación en pomelos cv. Star Ruby	56
Figura IV.7. Análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad para cada especie cítrica en función de la segmentación	57

Capítulo V: Envasado en distintas atmósferas modificadas de mandarinas, naranjas y pomelos procesados frescos para disminuir sus pérdidas de calidad durante la conservación

Figura V.1. Gajos mandarinas Pixie envasados con distintas atmósferas	65
Figura V.2. Pérdida de peso escurrido de los gajos de los frutos envasados con distintas atmósferas	65
Figura V.3. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para las distintas atmósferas de envasado en naranjas cv. Cara cara	72
Figura V.4. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para las distintas atmósferas de envasado en naranjas cv. Navelate	72

Figura V.5. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para las distintas atmósferas de envasado en mandarinas cv. Pixie	73
Figura V.6. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha para las distintas atmósferas de envasado en pomelos cv. Star Ruby	74
Figura V.7. Análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad para cada especie cítrica en función del tipo de envase	76

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Citricultura argentina

Dentro de la fruticultura argentina, la citricultura tiene una gran importancia económica y social, siendo uno de los principales soportes de muchas economías regionales (Seva-Rivadula, 2000). La importancia social que presenta este sector en las economías regionales se debe a que implica mucha mano de obra: alrededor de 100.000 personas a nivel nacional (Federcitrus, 2014) y unas 10.000 en la provincia de Entre Ríos entre puestos de trabajo permanentes y transitorios (Vera et al., 2010).

La actividad cítrica argentina está distribuida en dos grandes regiones: la región del noroeste y la del noreste. En la región cítrica de noreste, la provincia de Entre Ríos se especializa en la producción de mandarinas y naranjas para el consumo en fresco, representando el 66% y 53% de la producción nacional de estas especies cítricas, respectivamente (Vera et al., 2010). De la producción de cítricos de Entre Ríos, un 17% se destina a exportación como fruta fresca, un 68% a mercado interno y el resto de la producción de la provincia se destina a industria (Vera et. al., 2010).

En los últimos años, la producción de naranjas y mandarinas se mantuvo relativamente constante pasando entre los años 2002 a 2013 de 464 a 365 y de 774 a 860 miles de toneladas de mandarinas y naranjas respectivamente (Federcitrus, 2014). Sin embargo, cuando existe algún problema comercial o económico en el sector exportador, esa proporción de fruta también se destina al mercado interno, aumentando significativamente la cantidad de cítricos en los mercados locales. Por su parte también hubo una disminución del consumo aparente de frutas cítricas frescas por habitante, entre los años 2000 y 2013 ya que varió de 10,8 a 4,3, de 17,4 a 13,7 y de 2,6 a 0,97 kg para mandarinas, naranjas y pomelos, respectivamente (Federcitrus, 2014). El descenso del consumo interno provoca una saturación del mercado y disminuye la rentabilidad del productor. Así, para solucionar este problema se requiere de promoción del consumo o diferenciación del producto agregándole valor y practicidad para consumir (Meier et al., 2010).

Algunas personas no consumen cítricos por considerarlos poco prácticos en su presentación de frutos frescos enteros (Meier et al., 2010), debido a la dificultad de descascarado de naranjas y mandarinas, además del olor transferidos a las manos, debido a la salida de aceites esenciales (Tibola et al., 2006; Pinheiro et al., 2009; Agostini et al., 2013).

Es por ello que es necesario utilizar estrategias de segmentación de mercados para apuntar a segmentos de consumidores insatisfechos, ofreciéndoles un producto con el máximo nivel de calidad (Meier et al., 2010).

1.2. Promoción del consumo de frutas

En los últimos años, se ha tomado conciencia del impacto de la alimentación sobre la salud, ya que expertos de la Organización Mundial de la Salud y la FAO (WHO/FAO, 2003), han recomendado un aumento en el consumo de frutas y hortalizas, ya que las dietas ricas en estos productos pueden prevenir algunas enfermedades, tales como cáncer, diabetes, y enfermedades cardiovasculares y neurológicas (Del Caro et al., 2004). Este efecto protector ha sido atribuido principalmente a las altas concentraciones de compuestos bioactivos en frutas y hortalizas, muchas de las cuales poseen propiedades antioxidantes.

Así los frutos cítricos, especialmente las naranjas, son una buena fuente de compuestos bioactivos con actividad antioxidante, tales como vitamina C, carotenoides o flavanonas (Plaza et al., 2011). Los pomelos, por su parte, además de contener ácido ascórbico como compuesto antioxidante, contienen otros componentes bioactivos como son los compuestos fenólicos (Gorinstein et al., 2005). Esta composición de los frutos en su contenido de compuestos bioactivos están influenciada por varios factores precosecha y postcosecha (Chaudhary et al., 2012).

Por otro lado, a pesar de que los consumidores valoran más a estos alimentos que les proveen sustancias con un posible efecto protector (Robles-Sánchez, 2007), la promoción de su consumo se ve limitada por la disponibilidad de productos adecuados y accesibles, como pueden ser frutas y hortalizas listas para consumir, que requieren poco tiempo para su preparación (Ahvenainen, 1996).

Por lo que, los consumidores demandan estos productos listos para consumir, pero con calidad similar al producto fresco. Así, el desarrollo de productos innovadores con esas características, representan un cambio y una oportunidad de comercialización para la industria. El desarrollo de frutas mínimamente procesadas podrían proveer una oportunidad de diversificación y ofrecer a los consumidores un producto de acuerdo con sus expectativas (Del Valle et al., 2009).

1.3. Características de los frutos cítricos

Los frutos cítricos presentan muchas características que los hacen apreciables para el consumidor, especialmente el color y sabor de su pulpa. A estas características se le suman, que son frutos no climatéricos, con tasas de respiración y de producción de etileno relativamente bajas y que presentan mayores cambios composicionales o de textura después de la cosecha (Artés-Hernández et al., 2007; Pretel et al., 2008; Van de Velde et al., 2013).

Por otro lado, los cítricos presentan características morfológicas, como lo es la disposición radial de sus gajos o segmentos, que permite una fácil separación sin que se pierda la integridad de la estructura vesicular (Pretel et al., 2007 y 2008), haciéndolos aptos para la

preparación de productos mínimamente procesados (Dondadon et al., 2004; Plaza et al., 2011; Agostini et al., 2013).

1.3.1. Calidad interna de los frutos cítricos

La calidad, que implica un grado de excelencia de un producto y su disponibilidad para un uso particular, incluye diversas propiedades, entre ellas las sensoriales y el valor nutritivo (Abbott, 1999). El sabor y la palatabilidad de los frutos cítricos es función principalmente de los niveles relativos de sólidos solubles y acidez.

Por otro lado, la acumulación de compuestos volátiles, especialmente acetaldehído y etanol que son productos de la fermentación, puede impartir sabores y aromas indeseables, así es que, contenidos de etanol en jugos de naranjas y mandarinas superiores a las 1500-2000 ppm se correlacionaron con malos sabores (Cohen et al., 1990; Ke y Kader, 1990; Hagenmaier, 2002); sin embargo, con niveles de acidez de 0,9 los niveles de etanol a los que jueces entrenados detectaron modificación en el sabor, se redujo a 900 – 1000 ppm de etanol (Bacigalupo et al., 2009).

Además de la palatabilidad, son importantes las expectativas de los consumidores respecto de valor nutritivo y propiedades relacionadas con la salud (Bruhn, 2007), que poseen muchos compuestos que contienen los frutos cítricos (Artés-Hernández et al., 2007).

Dentro de los compuestos antioxidantes que contienen los frutos cítricos, el ácido ascórbico es el más significativo (Van de Velde et al., 2013), contribuyendo con 33% al 100% de la capacidad antioxidante total de los frutos cítricos (Gardner et al., 2000). En menor medida, también contribuyen a la capacidad antioxidante, los compuestos fenólicos (Del Caro et al., 2004). Esto puede estar influenciado por la especie, el cultivar, el origen geográfico, pero también las condiciones de cultivo y estado de madurez pueden modificar las características iniciales del producto (Xu et al., 2008) y con ello, condicionar su mantenimiento posterior.

1.3.2. Mandarinas

Entre los frutos cítricos, las mandarinas (*Citrus reticulata*) son muy apreciadas por el consumidor de cítricos por muchas razones, pero especialmente por su sabor dulce y característico y sobre todo por la facilidad en el pelado de la fruta.

Entre las variedades difundidas en Argentina, la mandarina cv. Pixie presenta una cáscara medianamente gruesa pero de fácil pelado, con pulpa de sabor dulce, de mediana acidez y con un aroma semejante al de la mandarina común (Anderson, 1996), que es una de las variedades más buscadas en el mercado interno. Otra característica de esta variedad es que, a diferencia de la mandarina común o criolla que se caracteriza por poseer muchas semillas, los frutos de mandarina 'Pixie' no poseen semillas.

1.3.3. Naranjas

Entre las naranjas dulces (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) existen diferentes grupos y algunas de ellas presentan pigmentación en su pulpa (Anderson, 1996), otorgada por antocianinas (naranjas sanguíneas) o por carotenoides.

Uno de los grupos de naranjas de gran importancia comercial que se utilizan para el consumo en fresco es el de naranjas de ombligo (Navel) que tienen excelente calidad, sabor dulce y característico y además no tienen semillas (Anderson, 1996). Dentro de este grupo, una de las variedades más tardías es la 'Navelate' que presenta una excelente calidad interna (Anderson, 1996). Por otro lado, también dentro del grupo de las Navel, se encuentra la variedad 'Cara cara' que presenta como diferencia más notable su color de la pulpa, que es pigmentada de coloración rojo intenso (Anderson, 1996), siendo éste uno de sus principales atractivos (Lee, 2001).

La coloración roja en naranja 'Cara cara' está asociada con el licopeno (Alquezar et al., 2008). Este compuesto se encuentra también en pomelo Star Ruby (Lee, 2001). La presencia de licopeno en naranja dulce no es común, pero este compuesto presenta un interés especial debido a que ha sido relacionado con la prevención de ciertos cánceres en estudios epidemiológicos (Gann et al., 1999 citado por Lee, 2001).

1.3.4. Pomelos

El pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) presenta frutos grandes, piel amarillenta a rosada, pulpa blanca a rojiza, con gran cantidad de jugo, y sabor ligeramente amargo y refrescante. Las variedades comerciales no presentan semillas o las tienen en pequeño número. Se pueden dividir en variedades de pulpa blanca y las de color o pigmentadas cuya popularidad va aumentando entre el consumidor. Dentro de las variedades pigmentadas, el pomelo cv. 'Star Ruby' es uno de los de coloración más intensa, de sabor más dulce y menos amargo que otras variedades (IVIA, 2001).

Al igual que las naranjas, y en menor medida las mandarinas, los pomelos contienen muchos compuestos bioactivos incluyendo carotenoides, limonoides, flavonoides y ácido ascórbico (Chaudhary et al., 2012). Entre los pomelos, a su vez, se ha observado que el potencial antioxidante de pomelos rojos es mayor al de los pomelos blancos (Gorinstein et al., 2005). El compuesto asociado a la coloración roja de los pomelos es el licopeno, que se encuentra especialmente en la variedad 'Star Ruby' (Lee, 2001) como se mencionó previamente.

1.4. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son las que han sido alteradas físicamente a partir de su forma original (Robles-Sánchez, 2007), pero que mantienen su estado fresco,

presentando practicidad para su consumo. Estas frutas han sido procesadas para aumentar su funcionalidad sin cambiar de forma apreciable sus propiedades originales (Mateos Otero et al., 1999).

Una de las características de los productos frescos mínimamente procesados es que las frutas continúan con su actividad fisiológica, consumiendo oxígeno y eliminando dióxido de carbono y vapor de agua (Del Valle et al., 2009).

El procesamiento mínimo, es el conjunto de operaciones necesarias para extraer las partes no comestibles, dividiendo el producto en tamaños más pequeños, manteniendo su frescura, calidad y sanidad (Tibola et al., 2006; Plaza et al., 2011; Agostini et al., 2013). Por ello es importante que se preserven los atributos de calidad y se mantenga la apariencia de producto “fresco”.

La aptitud de los frutos cítricos para elaborar productos frescos procesados, con sus propiedades bioactivas inalteradas o alteradas mínimamente, permite a los consumidores tener la frescura y sabor de los frutos frescos, con el valor agregado de la practicidad de su consumo, que les otorga el valor de frescura y conveniencia (Del Caro et al., 2004). Así, el procesamiento mínimo es una alternativa para aumentar el consumo de cítricos posibilitando el agregado de valor al producto (Tibola et al., 2006; Pinheiro et al., 2009).

1.5. Efecto del procesamiento sobre la calidad de la fruta fresca

El producto mínimamente procesado sufre distinto grado de estrés durante su preparación, lo que lo hace más perecedero que los frutos intactos (Del Caro et al., 2004; Tibola et al., 2006) y llevando a variaciones en compuestos bioactivos, antes de que el producto llegue al consumidor (Chaudhary et al., 2012).

El procesamiento mínimo en frutos cítricos consiste, además de las etapas previas de lavado de los frutos, en un proceso de preparación (descascarado, desinfección, segmentación y envasado) para luego comercializarlos refrigerados en condición de listos para su consumo y estado similar al fresco (Restuccia et al., 2006; Del Valle et al., 2009).

La manipulación que sufre el producto durante las distintas etapas del procesamiento mínimo puede provocar aumento en la tasa respiratoria del fruto (Plaza et al., 2011) y pueden reducir la vida útil, aun cuando las temperaturas sean las óptimas (Ahvenainen, 1996). Ya que se pueden desarrollar sabores y olores indeseables, además de pérdidas nutricionales y de compuestos bioactivos (Del Caro et al., 2004; Plaza et al., 2011).

Además del origen y las condiciones de cultivo, la calidad interna inicial de los frutos cítricos puede estar influenciada por varios factores como son la especie y la variedad y el estado de madurez del fruto al momento de la cosecha (Xu et al., 2008). Por ello es importante evaluar el efecto de las distintas etapas en los distintos aspectos de dicha calidad interna de las

variedades cítricas estudiadas en esta tesis, incluyendo la actividad antioxidante (Del Caro et al., 2004), ya que la evaluación de la influencia del procesamiento de alimentos en las propiedades bioactivas naturales es un factor importante para encontrar las condiciones tecnológicas necesarias para conservar su actividad original (Nicoli et al., 1999).

1.5.1. Descascarado

Los frutos cítricos mínimamente procesados presentados sin cáscara, requieren una primera etapa de descascarado. Esta etapa puede dañar la integridad del fruto y esos daños mecánicos favorecen el aumento del metabolismo general del producto (Kluge et al., 2003; Tibola et al., 2006).

Al eliminar el flavedo y el albedo, que constituyen una protección natural para el fruto, aumenta el riesgo de cambios fisiológicos, tales como deshidratación excesiva, envejecimiento acelerado y metabolitos anaeróbicos (Pretel et al., 2008). Es por eso, que el método para realizar este proceso puede convertirse en una etapa crítica en la pérdida de calidad del producto.

El descascarado puede realizarse de forma manual o de forma semiautomática por métodos mecánicos (Pao y Petracek, 1997). Sin embargo en los últimos años se han desarrollado métodos que aceleran el proceso de descascarado entre ellos se encuentran el tratamiento enzimático y un tratamiento hidrotérmico o por infusión térmica, que facilitan la eliminación de restos de flavedo y albedo. En estos dos últimos métodos, se emplean temperaturas superiores a 40 °C, aplicadas por pulsos, con tiempos relativamente cortos. Sin embargo, estas temperaturas elevadas aplicadas en tiempos algo superiores han provocado alteraciones en frutos cítricos con aumento en el contenido de volátiles (Palou et al., 2001; Cocco et al., 2008), por lo que se requiere tener en cuenta esta etapa desde el punto de vista de la fisiología y la calidad interna del producto.

1.5.2. Segmentación de los frutos

La segmentación de los frutos cítricos mínimamente procesados, se puede realizar mediante un corte mecánico o bien, aprovechando la distribución natural que tienen los frutos en forma de segmentos o gajos. Este proceso puede implicar pérdida de integridad del fruto, con la pérdida de jugo (Artés-Hernández et al., 2007) y el incremento de su actividad metabólica, aumentando la tasa de respiración y de la producción de etileno (Arruda et al., 2011).

Sin embargo, esta segmentación puede implicar pérdida de integridad del fruto e incrementar su actividad metabólica y reducir la vida útil (Del Caro et al., 2004; Arruda et al., 2011; Kluge, et al., 2003).

Más allá de mantener la integridad del gajo mejor por parte de la segmentación, con respecto al corte mecánico de los frutos cítricos. La facilidad para realizar el proceso de segmentación depende de la especie cítrica, siendo más fácil para mandarinas que para naranjas, y en menor medida para pomelos en los que es prácticamente imposible obtener segmentos no dañados (Del Caro et al., 2004). Por otra parte, como ya se mencionó la calidad interna está influenciada por la especie y variedad, además de condiciones de cultivo (Xu et al., 2008). Por ello, se debe evaluar la pérdida de calidad de las especies y variedades cítricas estudiadas en esta tesis para determinar la influencia que tiene sobre la misma el proceso de segmentación en naranjas (pigmentadas o de coloración rojiza y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados.

1.5.3. Temperatura de conservación

El aumento de la actividad metabólica provocada por el estrés en los frutos cítricos, reduce la vida útil del producto (Del Caro et al., 2004; Pretel et al., 2008; Arruda et al., 2011; Kluge, et al., 2003). Esto puede provocar pérdidas en la calidad sensorial y nutricional de los frutos (Del Caro et al., 2004; Tibola et al., 2006; Plaza et al., 2011).

Las bajas temperaturas reducen la actividad fisiológica, por lo que el almacenamiento refrigerado es fundamental para prolongar la vida útil de los cítricos mínimamente procesados (Kluge et al., 2003; Del Caro et al., 2004; Tibola et al., 2006), llegando a períodos de conservación de entre 7 y 10 días (Pretel et al., 2008).

Se han evaluado el uso de temperaturas de 4 °C sobre algunos aspectos de calidad interna en gajos de distintas variedades de mandarinas y sus híbridos (Piga et al., 2002; Del Caro et al., 2004) y naranjas (Del Caro et al., 2004; Plaza et al., 2011). Sin embargo, no se han evaluado temperaturas inferiores, a excepción de limones cortados frescos (Artés-Hernández, et al., 2007) y se observan diferencias entre variedades mostrando cambios en algunas variedades y en otras no.

Además debe considerarse que los frutos cítricos muchas veces son susceptibles a daño por frío lo que se evidencia entre otros síntomas como un aumento en la producción y acumulación de etanol y acetaldehído (Vázquez et al., 2000; Cocco et al., 2010). Por ello, se debe encontrar una temperatura que maximice la conservación de frutos cítricos de las variedades estudiadas en esta tesis minimizando la pérdida de calidad interna del producto fresco.

1.5.4. Composición de la atmósfera

Los frutos cítricos mínimamente procesados se vuelven más susceptibles al ataque microbiológico como consecuencia de la ausencia de la protección de la cáscara y la presencia de jugo vesicular que eliminan los tejidos dañados (Pretel et al., 1998; Arruda et al., 2011). Así, el envasado es una etapa importante para prevenir la deshidratación del producto (Pretel et al.,

1998; Palharini, et al., 2012), que junto con la senescencia y los cambios metabólicos son el resultado principalmente del proceso de descascarado y también la segmentación de los frutos (Arruda, et al., 2011; Palharini, et al., 2012).

El envasado en atmósfera modificada combinado con la refrigeración es un método muy utilizado para extender la vida útil de productos frescos mínimamente procesados (Pretel et al., 1998; Tibola et al., 2006; Del Valle et al., 2009; Plaza et al., 2011), ya que implica disminución de oxígeno y aumento de dióxido de carbono que tiende a impedir la respiración del producto y el crecimiento de microorganismos (Pretel et al., 1998; Rennie y Tavoularis, 2009; Arruda et al., 2011; Palharini et al., 2012).

La modificación de la atmósfera se puede obtener de forma pasiva o activa. Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas continúan respirando, lo que provoca una modificación de la atmósfera interna al consumir O_2 y liberar CO_2 y agua (Pretel et al., 1998). Así la atmósfera modificada pasiva es el resultado de la respiración del producto, mientras que la atmósfera modificada activa es el resultado de la inyección de gases de composición específica en el momento del envasado (Arruda, et al., 2011; Palharini, et al., 2012).

Sin embargo, los niveles muy bajos de oxígeno inducen fermentación en células vegetales y en frutos cítricos mínimamente procesados pueden provocar la generación de compuestos volátiles que pueden causar sabores desagradables (Pretel et al., 1998; Del Valle et al., 2009). Por lo que se buscan materiales de envase de alta permeabilidad a los gases de respiración, con una tendencia a la incorporación de perforaciones en los materiales para que faciliten este intercambio impidiendo las condiciones de anaerobiosis dentro del envase (Del Valle et al., 2009; Rennie y Tavoularis, 2009).

Por otra, parte al aumentar el nivel de oxígeno respecto del envase sin perforaciones o con niveles inferiores de oxígeno, pueden observarse cambios en algunos compuestos bioactivos importantes, entre ellos el contenido de ácido ascórbico como se observó en condiciones de oxígeno superatmosférico (Sosa et al., 2012) y con ello afectar la capacidad antioxidante del producto.

Por eso deben evaluarse atmósferas modificadas activas y pasivas, con bajo contenido de oxígeno, comparándolas con el agregado de perforaciones en el material de envase, en frutos cítricos mínimamente procesados de las variedades estudiadas en esta tesis, considerando su calidad interna para obtener productos similares a la fruta fresca (recién cosechada).

I.6. HIPÓTESIS

Las distintas etapas de la elaboración de naranjas (pigmentadas y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados mínimamente procesados, afectan la calidad interna del fruto en diferente medida provocando pérdida de calidad del producto fresco (recién cosechado).

I.7. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del descascarado, segmentación, atmósfera de envasado y temperatura de conservación sobre la modificación de diferentes parámetros de calidad interna en naranjas (pigmentadas y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados mínimamente procesados, para determinar las etapas que minimicen la pérdida de la calidad de fruta fresca limitando su vida útil.

I.8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

❖ Evaluar el efecto de diferentes temperaturas de conservación de gajos de naranjas (pigmentadas y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados mínimamente procesados para determinar aquellas que minimicen la pérdida de la calidad de fruta fresca limitando su vida útil.

❖ Evaluar el efecto del método de descascarado sobre la pérdida de calidad interna de gajos de naranjas (pigmentadas y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados mínimamente procesados.

❖ Evaluar el efecto de la segmentación sobre la pérdida de la calidad interna de la fruta fresca, para naranjas (pigmentadas y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados mínimamente procesados.

❖ Evaluar el efecto de diferentes envasados en atmósfera modificada sobre la pérdida de peso y la calidad interna de gajos de naranjas (pigmentadas y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados mínimamente procesados, para determinar aquellas que minimicen las pérdidas de la calidad de fruta fresca limitando su vida útil.

CAPÍTULO II

**Efecto de la temperatura de conservación
sobre la pérdida de calidad de mandarinas,
naranjas y pomelos procesados frescos**

II.1. INTRODUCCIÓN

La preparación de cítricos mínimamente procesados incluye distintas etapas que alteran el metabolismo de los frutos, lo que puede modificar su calidad interna, reduciendo su vida útil (Del Caro et al., 2004; Pretel et al., 2008; Arruda et al., 2011; Kluge, et al., 2003), al perder calidad sensorial y nutricional (Del Caro et al., 2004; Tibola et al., 2006; Plaza et al., 2011).

Se han realizado estudios evaluando el efecto de la conservación a 4 °C sobre algunos aspectos de calidad de gajos de mandarinas *Citrus deliciosa* cv. Avana y *Citrus unshiu* Marc. Okitsu (Piga et al., 2002) e híbridos como mandarina Palazzelli (*Citrus reticulata* x *Citrus sinensis*) y tangelo Minneola (*Citrus paradisi* x *Citrus reticulata*) (Del Caro et al., 2004); y naranjas *Citrus sinensis* L. Osbeck cv. Navelina (Plaza et al., 2011), Shamouti y Salustiana (Del Caro et al., 2004). Los cambios observados en los distintos parámetros de calidad son muy diferentes por variedad, habiendo cambios en algunas variedades (Del Caro et al., 2004; Artés-Hernández et al., 2007) y en otras, no (Del Caro et al., 2004; Plaza et al., 2011).

En todos los casos los cambios implican una disminución en el contenido de sólidos solubles (Del Caro et al., 2004), de la acidez (Del Caro et al., 2004; Artés-Hernández et al., 2007), de la capacidad antioxidante total (Del Caro et al., 2004; Artés-Hernández et al., 2007) y un aumento en el contenido de volátiles (Artés-Hernández et al., 2007), lo que limitaría la vida útil del producto.

Por otra parte, los frutos cítricos muchas veces son susceptibles a daño por frío lo que se evidencia entre otros síntomas como un aumento en la producción y acumulación de etanol y acetaldehído (Vázquez et al., 2000; Cocco et al., 2010). Por ello, se debe encontrar una temperatura que maximice la conservación de frutos cítricos de las variedades cítricas estudiadas en esta tesis minimizando la pérdida de calidad interna del producto fresco.

El objetivo de este capítulo fue evaluar el efecto de diferentes temperaturas de conservación de gajos de naranjas (pigmentadas y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados mínimamente procesados para determinar aquellas que minimicen la pérdida de la calidad de fruta fresca limitando su vida útil.

II.2. MATERIALES Y MÉTODOS

II.2.a) Material biológico

Se cosecharon frutos de naranjas (*Citrus sinensis* L. Osbeck cv. 'Cara cara' y 'Navelate'), mandarinas (*Citrus reticulata* var. 'Pixie') y pomelos (*Citrus paradisi* var. 'Star Ruby') de tamaño y color homogéneos en estado de madurez comercial (IASCAV, 1993) de lotes de Estación Experimental Agropecuaria Concordia del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

(Argentina), durante 2 campañas. En total para cada variedad se cosecharon unos 90 frutos, que luego se distribuyeron aleatoriamente para los distintos tratamientos.

II.2.b) Proceso

Dentro de las 24 h de cosechados los frutos lavados en línea de empaque experimental y desinfectados con solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio, previo al procesamiento que consistió en descascarado manual y posterior segmentación en gajos. A continuación, los frutos fueron envasados (287±37, 319±49, 209±14 y 352±43 g de naranjas 'Cara cara' y 'Navelate', mandarinas 'Pixie' y pomelos 'Star Ruby', respectivamente) en bandejas de poliestireno (Cotnyl) de 600 mL de capacidad cubiertas con film de poliolefina semipermeable (Cryovac D955) de 15 µm de espesor sin perforar, utilizando como atmósfera de envasado inicial un contenido de 21% de oxígeno y conservándolos a distintas temperaturas.

Se evaluaron 3 temperaturas de almacenamiento (0, 4 y 8 °C) y 3 tiempos de conservación (3, 7 y 10 días), al finalizar los mismos se realizaron los análisis de calidad que se detallan a continuación.

II.2.c) Variables evaluadas

II.2.c.1) Contenido de sólidos solubles (SS). Se determinó en el jugo obtenido de 3 repeticiones de 5 frutos cada una (en frutos testigo) o una bandeja cada una (gajos), por refractometría, expresado de forma porcentual (Método AOAC 932.17).

II.2.c.2) Acidez titulable (AT). Se determinó en el jugo obtenido de 3 repeticiones de 5 frutos cada una por titulación volumétrica con NaOH 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador y se expresó como ácido cítrico en forma porcentual (Método AOAC 942.15). Se expresó como mg de ácido cítrico en 100 mL de jugo.

II.2.c.3) Contenido de acetaldehído y etanol. Se determinó en el jugo obtenido de 5 frutos, tomando 3 muestras por tratamiento de 5 mL cada una y conservadas a -18 °C hasta su análisis en viales sellados de 15 mL de capacidad. Estos componentes volátiles se determinaron en espacio de cabeza por cromatografía gaseosa. Para ello se utilizó un cromatógrafo de gases (Modelo GC17A, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón), con columna capilar (Omegawax 250, Supelco, Bellefonte, EEUU) de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de film. Se empleó el siguiente programa de temperaturas durante el análisis cromatográfico: temperatura inicial de 40 °C durante 5 min, luego la temperatura se incrementó a 30 °C por minuto hasta 180 °C. Como carrier se utilizó gas nitrógeno cuya presión en la cabeza de la columna se fijó en 25 kPa. Se utilizó un detector FID en su máxima sensibilidad y a una temperatura de 250 °C. El volumen de inyección de gas del espacio de cabeza fue de 1 mL. Se empleó el modo de inyección split con una relación de 1:20 y una temperatura de inyección de 250 °C. Previo a la inyección de las muestras, éstas se equilibraron a 80 °C en baño termostático durante 30 minutos (Meier et al., 2004). Cada muestra fue analizada por triplicado y los resultados se expresaron como concentración de acetaldehído y etanol en el jugo de los frutos en µL por litro de jugo [ppm].

II.2.c.4) Capacidad antioxidante total (CAT). Se determinó por el método del 2,2- difenil-1-picrilidrazil (DPPH*) adaptado que en frutos cítricos mostró buena correlación con el

contenido de ácido ascórbico y fenoles totales (Xu et al., 2008). Se preparó una solución metanólica de 6×10^{-5} M de DPPH*. Se tomaron 100 μ L de muestra de jugo (dilución 1:20) y se le agregaron 3,9 mL de DPPH 6×10^{-5} M, manteniéndolos en la oscuridad durante 30 min antes de medir la absorbancia a 517 nm con espectrofotómetro. La absorbancia se transformó mediante una curva de calibración en concentración milimolar de equivalente de Trolox y % de inhibición de la concentración de DPPH* (Del Caro et al., 2004), según la ecuación II.1, donde A_0 es la absorbancia del control y A_1 es la absorbancia en presencia de la muestra (Xu et al., 2008).

$$\%Inhibición = \left[\frac{(A_0 - A_1)}{A_0} \right] * 100 \quad (\text{Ec. II.1})$$

II.2.c.5) Pérdida de calidad. La variación de la calidad respecto de la fruta recién cosechada (valores iniciales) se presentó por un lado, cómo pérdida de sólidos solubles (PSS), de acidez (PAT) y de capacidad antioxidante total (PCAT) según la ecuación II.2; y, por otro lado, se presentó como aumento en el contenido de acetaldehído (AAc) y etanol (AEt), según la ecuación II-3.

$$\text{Pérdida (SS, AT y CAT): } X = 100 - \frac{X_{VTt} * 100}{X_{IniV}} \quad (\text{Ec. II.2})$$

$$\text{Aumento (Ac y Et): } Y = \frac{Y_{VTt} * 100}{Y_{IniV}} - 100 \quad (\text{Ec. II.3})$$

Donde X_{VTt} es la variable que se pierde (SS, AT o CAT) e Y_{VTt} es la variable que aumenta (Acetaldehído o Etanol), para cada variedad, temperatura y tiempo de conservación; mientras que X_{IniV} y Y_{IniV} representan el valor inicial promedio de las respectivas variables para cada variedad.

II.2.d) Análisis estadístico

El ensayo tuvo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 3^2 (factores: temperatura y tiempo, con 3 niveles) y fue sujeto a análisis de la varianza usando Statgraphics Plus (Versión 5.1). Se evaluó la calidad interna mediante análisis de la varianza (ANOVA) unifactorial de los parámetros de calidad y separación de medias mediante prueba t, para comparar entre años para cada variedad ($\alpha \leq 0,05$).

Para evaluar la pérdida de parámetros de calidad por los factores temperatura y tiempo (simples o combinados), se aplicó ANOVA multifactorial, presentando el porcentaje de la suma de cuadrados totales (Artés-Hernández et al., 2007), previa verificación de homogeneidad de varianzas. En caso de encontrar diferencias significativas, para comparar entre medias, se aplicó prueba t en la comparación entre las 2 campañas o test de Tukey en comparaciones de más medias, con un nivel de confianza del 95%.

La pérdida de calidad se evaluó de forma global mediante análisis multivariado de las pérdidas de cada parámetro individual, aplicando un Análisis de Componentes Principales.

II.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

II.3.1. Calidad inicial

Los parámetros de calidad inicial de los frutos en ambos años mostraron diferencias entre campañas en algunas variedades y en otras no, así el contenido de sólidos solubles de mandarinas cv. 'Pixie' y naranjas cv. 'Navelate' fue superior en el primer año, sin observarse diferencias para las otras variedades (Tabla II.1). La acidez, por su parte, fue inferior para el segundo año en naranjas cv. 'Cara cara', mandarinas cv. 'Pixie' y pomelos 'Star Ruby', sin diferencias para naranjas cv. 'Navelate' (Tabla II.1).

La capacidad antioxidante total, por su parte, fue inferior para el segundo año en naranjas cv. 'Navelate', mandarinas cv. 'Pixie' y pomelos cv. 'Star Ruby', sin diferencias para naranjas cv. 'Cara cara' (Tabla II.1). Estos niveles de CAT determinados para naranjas cv. 'Cara cara' (ambos años) y cv. 'Navelate' para el segundo año, fueron inferiores a los determinados por otros autores para otras variedades de naranjas (Del Caro et al., 2004; Xu et al., 2008). Por su parte, los niveles de CAT en mandarinas cv. 'Pixie' fueron similares a los encontrados en mandarinas del tipo Satsuma (Xu et al., 2008; Shen et al., 2013), pero inferiores a los determinados en híbridos (Del Caro et al., 2004). En pomelos cv. 'Star Ruby', los niveles determinados en el primer año fueron similares a los encontrados por Del Caro et al. (2004) y Xu et al. (2008) en otras variedades, sin embargo los del primer año fueron superiores (Tabla II.1).

Tabla II.1. Calidad interna inicial de los frutos de las distintas variedades para las 2 campañas evaluadas.

Variedad	Año	SS [%]	AT [mg AC/ 100 mL]	SS/AT	Acetaldehído [ppm]	Etanol [ppm]	CAT	
							[% Inh DPPH]	[mM TEAC]
N. Cara cara	1º	11,6 ± 0,3 a ¹	1,69 ± 0,11 B	6,9	9,9 ± 0,7 b	102 ± 4 A	52,5 ± 1,7 a	3,47 ± 0,11
	2º	12,1 ± 0,4 a	0,89 ± 0,06 A	13,6	5,9 ± 2,1 a	113 ± 24 A	58,2 ± 2,8 a	3,86 ± 0,19
N. Navelate	1º	11,9 ± 0,3 B	1,19 ± 0,16 a	10,1	13,4 ± 0,7 B	140 ± 17 b	69,3 ± 1,2 B	4,63 ± 0,08
	2º	11,4 ± 0,1 A	1,06 ± 0,08 a	10,8	11,4 ± 0,4 A	56 ± 24 a	56,6 ± 0,7 A	3,75 ± 0,05
M. Pixie	1º	12,8 ± 0,2 b	1,13 ± 0,08 B	11,4	16,2 ± 0,9 b	192 ± 20 B	29,4 ± 1,4 b	1,88 ± 0,09
	2º	11,7 ± 0,3 a	0,78 ± 0,08 A	15,2	11,1 ± 0,8 a	25 ± 5 A	27,7 ± 1,1 a	1,76 ± 0,07
P. Star Ruby	1º	12,1 ± 0,1 A	2,63 ± 0,02 b	4,6	17,0 ± 1,3 B	310 ± 29 b	54,9 ± 0,9 B	3,63 ± 0,06
	2º	11,8 ± 0,2 A	2,39 ± 0,15 a	4,9	13,5 ± 0,7 A	113 ± 22 a	38,8 ± 1,1 A	2,53 ± 0,07

¹Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre años para cada variedad (prueba t, $\alpha < 0,05$).

Por otra parte, los contenidos de acetaldehído y de etanol iniciales fueron mayores en el primer año respecto del segundo, pero en niveles inferiores a los umbrales de detección de malos sabores descritos en la literatura (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009). Esta heterogeneidad en la calidad interna, indica diferencias en la actividad fisiológica de los frutos desde la cosecha y durante el procesamiento.

Por lo tanto, para evaluar los efectos de la temperatura y el tiempo de conservación de los gajos se consideraron las pérdidas en los parámetros de calidad: una disminución en el contenido de sólidos solubles, acidez y capacidad antioxidante total y un aumento en el contenido de acetaldehído y etanol. Esto último se debe a que el aumento de estos volátiles puede llegar a niveles que ocasionen sabores desagradables (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009) por lo que deterioran la calidad.

II.3.2. Pérdidas de calidad

En el análisis de la varianza multifactorial se pudo observar un comportamiento diferente para cada parámetro de pérdida de calidad (Tabla II.2). Así, en la pérdida de sólidos solubles sólo fue significativo el efecto del tiempo de conservación; mientras que en la pérdida de capacidad antioxidante también resultó significativa la temperatura de conservación. Para los parámetros pérdida de acidez, aumento de acetaldehído y aumento de etanol, los tres factores son significativos (Tabla II.2). Entre las interacciones, en el aumento de acetaldehído se presentan todas como significativas ya que dicho parámetro es muy variable, mientras que en el aumento de etanol y pérdida de capacidad antioxidante es significativo la interacción fruta con tiempo, mostrando diferente comportamiento entre variedades y también temperatura y tiempo en pérdida de CAT.

Tabla II.2. Análisis de la varianza de pérdida de parámetros de calidad interna de gajos de naranjas cv. 'Cara cara' y cv. Navelate, mandarinas cv. 'Pixie' y pomelos cv. 'Star Ruby' almacenados a distintas temperaturas (0, 4 y 8 °C) durante 3, 7 y 10 días de conservación.

	GI	PSS	PAT	AAc	AEt	PCAT
EFECTOS PRINCIPALES						
A:Fruta	3	1,5 ^a NS	16,3***	44,2***	18,9***	0,8 NS
B:Temperatura	2	0,9 NS	5,2***	4,6***	7,1***	2,4**
C:tiempo	2	6,1**	24,1***	7,0***	17,0***	46,6***
INTERACCIONES						
AB	6	4,8 NS	1,2 NS	2,7***	2,7 NS	0,3 NS
AC	6	2,2 NS	2,8 NS	12,4***	8,6***	2,9*
BC	4	1,7 NS	1,6 NS	2,4***	1,8 NS	5,1***
ABC	12	4,2 NS	3,0 NS	7,0***	2,7 NS	1,8 NS
RESIDUOS	180	78,7	45,9	19,7	41,4	40,1
TOTAL (CORREGIDO)	215	7862	28694	3186210	25294600	67485

^a Porcentaje de la suma de cuadrados

NS: no significativo. *, **, *** significativo para $P \leq 0,05$; 0,01 y 0,001, respectivamente.

Considerando el factor tipo de fruta, se observó que en pomelos cv. ‘Star Ruby’ la pérdida de acidez fue superior a la de naranjas (‘Navelate’ y ‘Cara cara’) y mandarinas (‘Pixie’). El aumento del contenido de acetaldehído, a su vez, fue superior en mandarinas cv. ‘Pixie’ que en naranjas cv. ‘Cara cara’ y en estas respecto de las otras especies. El aumento de etanol, por su parte fue superior en mandarinas cv. ‘Pixie’, respecto de los otros frutos (Figura II.1).

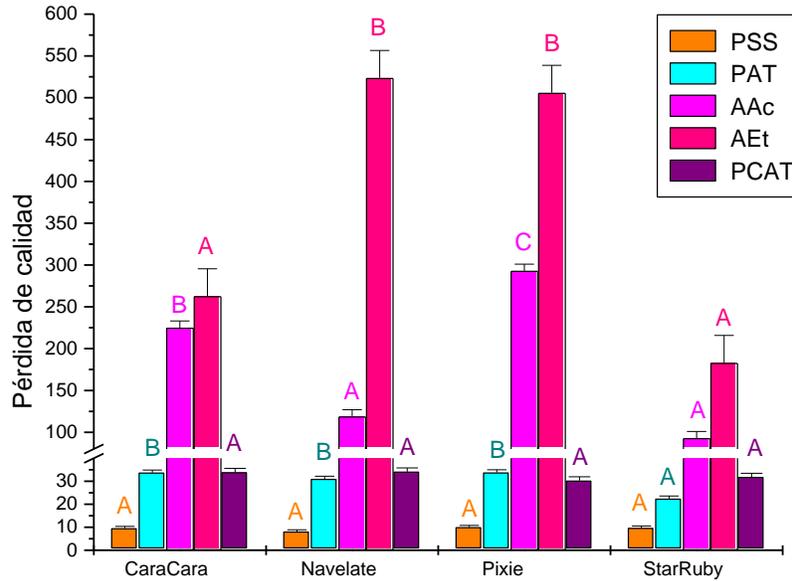


Figura II.1. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para cada tipo de fruta, luego de ser procesada y almacenada (promedios y desviación estándar). Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

Tal como lo observado por otros autores (Del Caro et al., 2004), las diferentes especies y variedades cítricas mostraron diferente comportamiento para las mismas condiciones de almacenamiento, especialmente en el contenido de volátiles en el que las mandarinas ‘Pixie’ aumentaron mucho los volátiles, probablemente influenciado por el estado inicial de la fruta (Figura II.1). Shi et al. (2005) determinaron en frutos enteros que mandarinas Murcott respondieron a un estrés anaeróbico emitiendo más acetaldehído y etanol que pomelos ‘Star Ruby’.

II.3.2.1. Efecto de la temperatura

El efecto de la temperatura de conservación resultó significativo respecto de la pérdida de acidez, de la pérdida de capacidad antioxidante y del aumento de acetaldehído y etanol (Tabla II.2). Es así, que se observó una pérdida de acidez mayor a 4 y 8 °C, que a los 0 °C. Mientras que los aumentos de acetaldehído y etanol y la pérdida de CAT, mostraron diferencias significativas entre la temperatura máxima y la mínima, siendo mayor la pérdida a mayor temperatura (Figura II.2).

Otros autores, observaron también en limón cortado fresco que la temperatura no influye sobre el contenido de sólidos solubles pero sí sobre la acidez y el contenido de acetaldehído y etanol, con una mayor pérdida de acidez y aumento del contenido de etanol, con el aumento de temperatura y a medida que avanza la conservación y con un comportamiento variable del acetaldehído que es un intermediario en la ruta fermentativa (Artés-Hernández et al., 2007). A su vez, Kluge et al. (2003) tampoco observaron efectos de la temperatura en el contenido de sólidos solubles en mandarinas Murcott mínimamente procesadas, pero tampoco observaron diferencias en acidez en estos frutos.

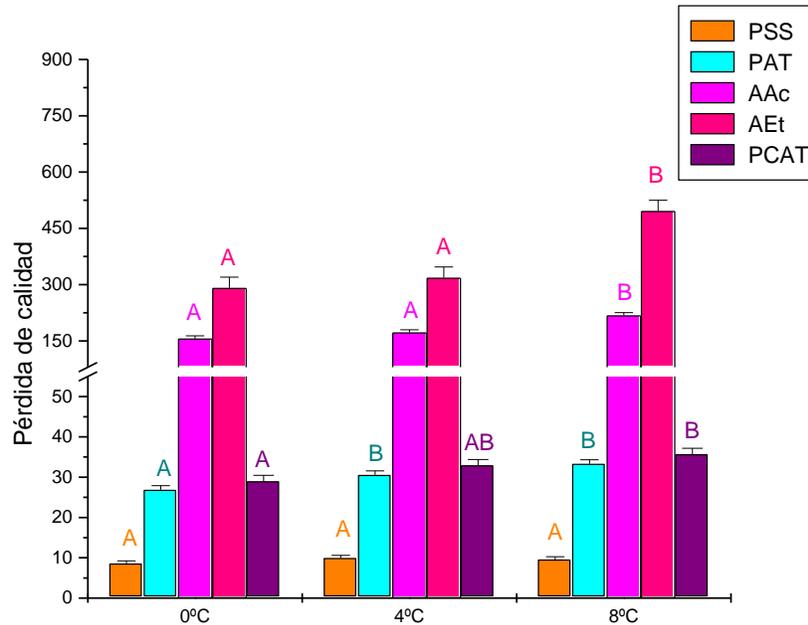


Figura II.2. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para cada temperatura de conservación (promedios y desviación estándar). Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

II.3.2.2. Efecto del tiempo de conservación

El factor tiempo de conservación, mostró ser significativo para la pérdida de calidad en todos los parámetros (Tabla II.2). Se observó un aumento en la pérdida de acidez y de pérdida en la capacidad antioxidante total con el tiempo de conservación, con diferencias significativas entre cada momento de la conservación evaluado (Figura II.3). El aumento del contenido de volátiles también fue mayor a medida que avanzaba la conservación, con diferencias significativas entre 7 y 3 días de conservación, mientras que con 10 días las diferencias con 7 días no llegan a ser significativas para acetaldehído pero sí para etanol (Figura II.3). La pérdida de sólidos solubles sólo es similar a 3 ó 7 días de conservación, pero aumenta a los 10 días (Figura II.3).

Otros autores han observado comportamientos diversos en los distintos parámetros respecto del tiempo de conservación a 4 °C para distintas variedades, así observaron

disminución en el contenido de sólidos solubles con 4 días de conservación en mandarina Palazzelli y con 8 días para tangelo Minneola (Del Caro et al., 2004), mientras que para naranjas Shamouti y Salustiana (Del Caro et al., 2004) y mandarinas Satsuma (Shen et al., 2013), los sólidos solubles no disminuyeron hasta 12 días de conservación a 4 °C y para limones no disminuyeron hasta 10 días de conservación a 0, 2, 5 y 10 °C (Artés-Hernández et al., 2007). La acidez, por su parte, sólo mostró disminución luego de 8 días en naranjas Salustiana, sin modificaciones significativas en naranjas Shamouti, mandarinas Palazzelli, tangelos Minneola (Del Caro et al., 2004). En limón cortado fresco, se observó disminución de acidez con 4 días de conservación a temperaturas de 0, 2, 5 y 10 °C (Artés-Hernández et al., 2007). En gajos de mandarina Satsuma conservados a 4 °C, se observó disminución de acidez luego de 3 días de conservación (Shen et al., 2013).

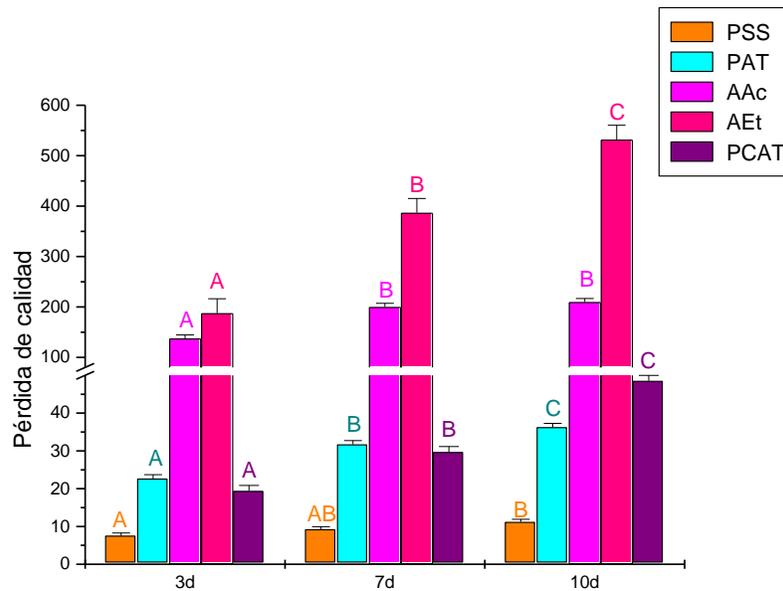


Figura II.3. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para cada tiempo de conservación (promedios y desviación estándar). Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

La capacidad antioxidante total, se mantuvo igual para naranjas Shamouti y disminuyó para las otras variedades, a los 12 días para naranjas Salustiana, a los 4 días de conservación para mandarina Palazzelli y tangelo Minneola (Del Caro et al., 2004) y a los 3 días de conservación a 4 °C en mandarinas Satsuma (Shen et al., 2013) y 3 días de conservación a 3 °C en naranjas Valencia Late (Van de Velde et al., 2013). Sin embargo, en estos casos los valores iniciales ya incluían el proceso de pelado a diferencia de este trabajo en que la disminución se evalúa respecto de la calidad de la fruta previa al procesamiento. En gajos de naranja Navelina, también se observó que mantuvo igual la capacidad antioxidante hasta 12 días de conservación a 4 °C (Plaza et al., 2011).

Como pudo observarse los cambios en distintos frutos cítricos mínimamente procesados durante la conservación refrigerada, están relacionados a pérdida de aspectos de la calidad

como son el contenido de sólidos solubles, la acidez y la capacidad antioxidante y el aumento de volátiles. En la Figura II.3, se observa que los cambios aumentaron significativamente a los 7 días de conservación y como resultado se observaron los parámetros de calidad presentados en la Tabla II.3.

II.3.3. Calidad final

Con 7 días de conservación, el contenido de sólidos solubles y la acidez son inferiores a los valores iniciales, pero sin diferencias entre temperaturas (Tabla II.3), a excepción del pomelo para el cual es mayor la acidez a 0 °C que a 4 °C. Esta disminución en el contenido de sólidos solubles está relacionada con el consumo de estos en el proceso respiratorio durante el almacenamiento, similar a lo observado por Arruda et al. (2011) en naranjas.

Respecto a los volátiles, no se alcanzan niveles de etanol de 1500 ppm que han generado malos sabores en naranjas (Ke y Kader, 1990), aunque a 8 °C los niveles son máximos y superiores a 700 ppm, especialmente en mandarina 'Pixie' donde se acercan a los que provocaron malos sabores en naranjas, sumado a la acidez que es muy baja y a los niveles de acetaldehído que son superiores a los que generaron malos sabores en naranjas (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009).

En general, el contenido de volátiles fue superior con mayores temperaturas, debido principalmente a que se aceleran los procesos bioquímicos (Del Caro et al., 2004). Donadon et al. (2004) observaron un aumento en la actividad respiratoria de naranjas mínimamente procesadas luego de su procesamiento y este efecto fue mayor a mayor temperatura de almacenamiento, lo que consume rápidamente el oxígeno del envase, lo que puede explicar el aumento en el contenido de volátiles producto de la fermentación en los frutos.

Tabla II.3. Calidad interna de los frutos, luego de 7 días a las distintas temperaturas.

<i>Variedad</i>	<i>Temp.</i> [°C]	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
N. Cara cara	0	10,8 ± 0,4 a ¹	0,74 ± 0,03 A	23,4 ± 1,4 a	314 ± 13 A	36,2 ± 2,3 a
	4	10,7 ± 0,2 a	0,80 ± 0,04 A	24,6 ± 0,9 a	289 ± 14 A	32,5 ± 1,5 a
	8	10,5 ± 0,3 a	0,78 ± 0,04 A	29,8 ± 1,9 b	577 ± 6 B	34,8 ± 1,5 a
N. Navelate	0	11,0 ± 0,5 A	0,80 ± 0,01 a	26,1 ± 1,3 A	486 ± 7 a	43,9 ± 3,1 A
	4	10,5 ± 0,3 A	0,83 ± 0,06 a	35,4 ± 0,6 B	608 ± 21 b	42,9 ± 1,4 A
	8	11,0 ± 0,2 A	0,78 ± 0,04 a	26,5 ± 2,7 A	729 ± 5 c	43,3 ± 0,9 A
M. Pixie	0	11,5 ± 0,4 a	0,71 ± 0,03 A	50,2 ± 0,1 b	613 ± 2 B	22,1 ± 1,1 a
	4	10,8 ± 0,9 a	0,59 ± 0,06 A	54,9 ± 0,9 a	577 ± 5 A	21,7 ± 0,9 a
	8	10,8 ± 0,3 a	0,61 ± 0,02 A	62,5 ± 1,0 b	834 ± 6 C	20,8 ± 1,9 a
P. Star Ruby	0	11,2 ± 0,4 A	2,03 ± 0,06 b	27,4 ± 0,5 a	465 ± 11 a	36,5 ± 0,4 B
	4	10,6 ± 0,6 A	1,76 ± 0,13 a	31,2 ± 0,2 b	559 ± 7 b	36,3 ± 1,1 B
	8	10,6 ± 0,3 A	1,89 ± 0,07 ab	39,2 ± 0,7 c	712 ± 24 c	33,7 ± 0,6 A

¹Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

El nivel de volátiles presentó valores mínimos a 0 °C, sin embargo esta situación no fue así para mandarina 'Pixie', donde el mínimo se observó a 4 °C, mientras que a 0 °C (Tabla II.3) se obtuvieron valores algo superiores, mostrando probablemente un efecto de estrés provocado por daño por frío provocado por las bajas temperaturas. Este efecto fue similar a lo observado en frutos enteros de mandarina Murcott almacenados a 1 °C durante 15 días (Cocco et al., 2010). En mandarina Ellendale (Cocco et al., 2010) y en naranjas (Cocco et al., 2006), sin embargo, no se observó daño por frío en estas mismas condiciones y en mandarinas Murcott y naranjas Valencia Late enteras no se observaron cambios en el contenido de etanol con almacenamientos a 2 °C hasta 60 días (Meier et al., 2004).

La capacidad antioxidante si bien es inferior a los niveles iniciales, no hay diferencias entre temperaturas para cada variedad, a excepción de pomelo 'Star Ruby', donde se observa que a 8 °C es inferior la CAT que a temperaturas menores (Tabla II.3). Diferencias similares observaron Artés-Hernández et al. (2007) en limón cortado, con valores inferiores para temperaturas de 5 y 10 °C, respecto de 2 y 0 °C, luego de 8 días de almacenamiento, sin embargo las diferencias dejan de ser significativas con conservaciones mayores. Los resultados finales luego de 7 días a 4 °C en naranjas 'Cara cara' y 'Navelate' son mucho más bajos que los observados con 8 días a 4 °C en naranja Shamouti y Salustiana (Del Caro et al., 2004) y los de mandarina 'Pixie' son inferiores a los observados en mandarina Palazzelli pero similares a los tangelo Mineola (Del Caro et al., 2004).

Tabla II.4. Calidad interna de los frutos, luego de 10 días a las distintas temperaturas.

<i>Variedad</i>	<i>Temp.</i> [°C]	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
N. Cara cara	0	10,5 ± 0,7 a ¹	0,84 ± 0,02 B	25,1 ± 0,8 a	371 ± 8 B	33,7 ± 1,6 c
	4	11,3 ± 0,2 a	0,81 ± 0,05 B	27,7 ± 1,3 ab	313 ± 10 A	29,8 ± 0,9 b
	8	10,4 ± 0,6 a	0,72 ± 0,02 A	28,6 ± 1,0 b	787 ± 13 C	22,6 ± 0,9 a
N. Navelate	0	10,2 ± 0,4 A	0,78 ± 0,08 b	18,2 ± 1,4 A	257 ± 17 a	37,2 ± 0,4 B
	4	10,2 ± 0,4 A	0,64 ± 0,02 a	24,5 ± 0,6 B	537 ± 16 b	38,1 ± 2,0 B
	8	10,9 ± 0,3 A	0,67 ± 0,04 a	27,6 ± 0,8 C	1039 ± 19 c	26,3 ± 1,5 A
M. Pixie	0	11,0 ± 0,5 a	0,63 ± 0,01 A	74,2 ± 1,3 a	862 ± 7 A	17,3 ± 1,3 b
	4	10,4 ± 0,4 a	0,56 ± 0,07 A	55,1 ± 1,0 b	869 ± 4 A	13,6 ± 1,9 a
	8	10,9 ± 0,4 a	0,56 ± 0,04 A	69,5 ± 1,6 c	1156 ± 6 B	12,7 ± 0,5 a
P. Star Ruby	0	10,6 ± 0,2 A	1,94 ± 0,08 b	33,4 ± 1,3 b	837 ± 21 b	29,3 ± 0,7 C
	4	10,5 ± 0,4 A	1,88 ± 0,01 b	25,0 ± 0,6 a	642 ± 4 a	25,4 ± 0,6 B
	8	10,2 ± 0,2 A	1,64 ± 0,03 a	23,7 ± 0,9 a	959 ± 29 c	17,9 ± 0,9 A

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

Al final del período de conservación evaluado (Tabla II.4), se observó que con 8 °C en naranjas, especialmente en 'Navelate', se alcanzaron niveles de etanol peligrosos de malos sabores (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009). Estos niveles se alcanzaron en mandarinas con todas las temperaturas mostrando que es una conservación demasiado prolongada para las mandarinas que inicialmente presentaron un estado de madurez tan avanzado. En pomelo 'Star Ruby' estos niveles peligrosos para generar malos sabores se alcanzaron con temperaturas de 8

°C y de 0 °C (Tabla II.4). Estos resultados acuerdan con lo observado a los 7 días de conservación con un efecto de acelerar procesos bioquímicos (Del Caro et al., 2004) con la temperatura de 8 °C, y en este caso un efecto posiblemente de daño por frío de pomelos 'Star Ruby'.

La capacidad antioxidante por su parte es inferior que a los 7 días y con la particularidad que es superior a temperaturas de 0 °C ('Cara cara', 'Pixie' y 'Star Ruby') o a 0 y 4 °C ('Navelate') que las temperaturas superiores (Tabla II.4). Chaydhary et al. (2014) mencionaron un efecto de las altas temperaturas de conservación (11 °C) en el contenido de ácido ascórbico de pomelos 'Star Ruby' sin procesar, que disminuye tanto con las altas temperaturas como con el tiempo de conservación, detectando que temperaturas inferiores (2 °C) ayudaron a retener el ácido ascórbico por un período mayor de tiempo. Como ha sido determinado previamente por otros autores, el ácido ascórbico es el principal compuesto que otorga capacidad antioxidante a mandarinas (Shen et al., 2013), lo que explicaría la conservación de la capacidad antioxidante a menores temperaturas en frutos cítricos mínimamente procesados.

Respecto al aspecto, no se observaron diferencias en el la calidad final de los frutos a las distintas temperaturas luego de 10 días de conservación, tal como puede observarse en gajos de naranja 'Cara cara' (Figura II.4). De forma similar no se observaron diferencias en el aspecto de los gajos de las otras variedades conservados a distintas temperaturas.



Figura II.4. De izquierda a derecha, gajos de naranja Cara cara, luego de 10 días de conservación a 0, 4 y 8 °C, respectivamente.

II.3.4. Análisis multivariado de la pérdida de calidad interna

Se puede observar el efecto de las combinaciones temperatura y tiempo de conservación sobre la pérdida de calidad respecto de la fruta inicial en el análisis multivariado (Figura II.5). Este análisis de componentes principales realizado para las pérdidas de todos los parámetros de calidad permite encontrar una serie de tendencias, correlaciones o estructura no observables en una tabla de datos.

En la Figura II.5, se representan las componentes principales más importantes del análisis, representándose además las variables originales (pérdida de sólidos solubles, de acidez y de capacidad antioxidante y aumento de acetaldehído y de etanol) para definir el sentido de crecimiento de dichas variables. También se obtuvo de este análisis los autovalores (Tabla II.5) y autovectores (Tabla II.6). Los autovectores constituyen un conjunto de vectores bases para graficar los datos y los autovalores representan la variabilidad de los datos en cada una de las direcciones dadas por los autovectores. Las dos primeras componentes son las más

importantes, ya que estos dos primeros ejes representa un 93% de la variabilidad del sistema (Tabla II.5), con un 84% para λ_1 (asociado a la componente principal 1) y un 9% para λ_2 (CP2).

Se observa así, en la proyección de todas las variables sobre la CP1, que estas aumentan de izquierda a derecha, es decir en el mismo sentido en el que aumenta la CP1 (Figura II.5). Y, como la CP1 a su vez representa un 84% de la variabilidad del sistema podemos tomarla como un indicio del aumento en la pérdida de calidad de los frutos durante la conservación a distintas temperaturas.

Tabla II.5. Autovalores y proporción del análisis de componentes principales.

<i>Lambda</i>	<i>Valor</i>	<i>Proporción</i>	<i>Prop. Acum</i>
1	4,21	0,84	0,84
2	0,46	0,09	0,93
3	0,27	0,05	0,99
4	0,05	0,01	1,00
5	0,01	2,60E-03	1,00

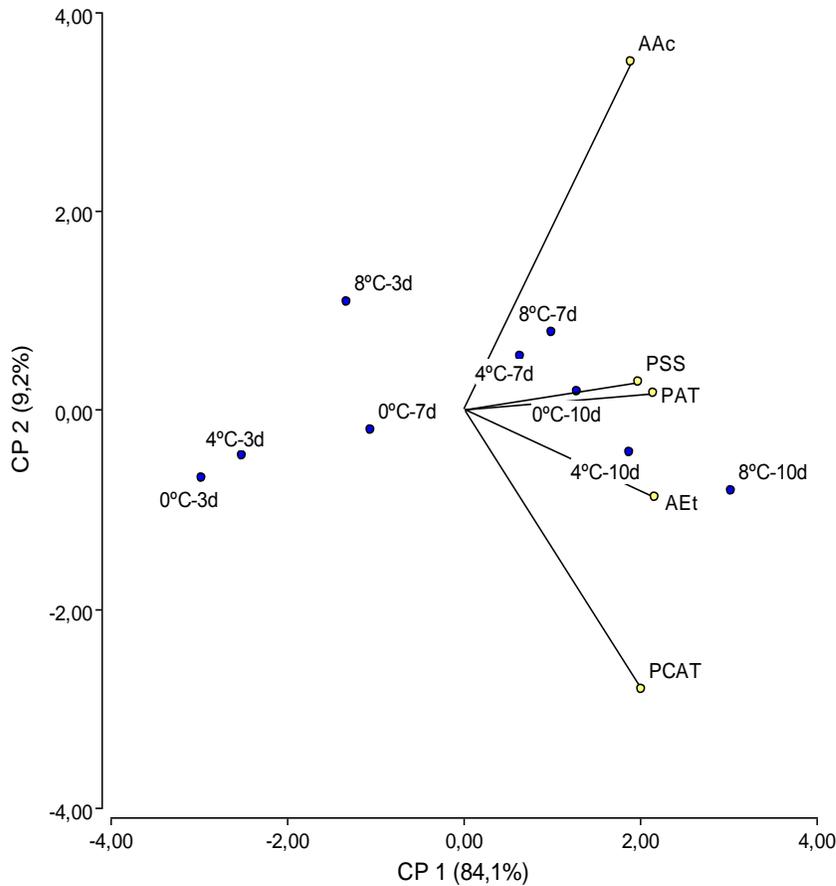


Figura II.5. Análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad durante la conservación.

También se pudo observar que las variables que más afectan esa pérdida de calidad son la pérdida de acidez y el aumento de etanol, seguido por la pérdida de capacidad antioxidante, y con influencia algo menor de la pérdida de sólidos solubles y el aumento de acetaldehído (Figura II.5). Esto puede verificarse mediante los autovectores obtenidos en el análisis de componentes principales (Tabla II.6) que son mayores para la pérdida de acidez y aumento de etanol, seguidos por la pérdida de capacidad antioxidante total, la pérdida de sólidos solubles y el aumento de acetaldehído.

Tabla II.6. Autovectores correspondiente a la componente principal 1 (e1) y componente principal 2 (e2) para el Análisis de Componentes Principales para las pérdidas de calidad.

Variables	e1	e2
PCAT	0,44	-0,61
PSS	0,43	0,06
PAT	0,47	0,04
AAc	0,41	0,76
AEt	0,47	-0,19

Con respecto de las combinaciones de temperaturas y tiempos de conservación, puede observarse en el análisis multivariado, valores negativos de la CP1 hasta los 3 días a todas las temperaturas; mientras que con 7 días de conservación, CP1 sólo es negativa con 0 °C y va aumentando con la temperatura. Lo mismo sucede luego de 10 días con valores superiores para 8 °C (Figura II.5). Por lo que, para una conservación de 7 días, la temperatura para que no comience a haber pérdidas de calidad (CP1=0) estaría entre 0 y 4 °C. Esto coincide por con lo determinado por Kluge et al. (2003) que mencionaron una temperatura de 2 °C, como la más adecuada para conservar gajos de mandarinas Murcott mínimamente procesadas.

Por otra parte, como se observó en algunos casos particulares, las temperaturas inferiores a 2 °C pueden ocasionar estrés por frío en condiciones fisiológicas particulares o cuando la variedad es más sensible (Cocco et al., 2006 y 2010), expresado como un aumento en el contenido de volátiles.

II.4. CONCLUSIÓN

La temperatura de conservación fue determinante en la pérdida de calidad del producto fresco, ya que su procesamiento mínimo le provocó un estrés que se expresó como aumento de volátiles. Es por eso que, al disminuir la temperatura de conservación se ralentizan las reacciones bioquímicas y la resultante pérdida de calidad interna del producto.

En los frutos evaluados en este trabajo, las temperaturas de 4 °C o inferiores fueron efectivas para evitar mayores alteraciones provocadas por el estrés del procesamiento. Sin embargo, temperaturas tan bajas como 0 °C alteran también la calidad de los frutos, especialmente los más sensibles al daño por frío. Entre las especies y variedades cítricas

evaluadas, este efecto pudo verse levemente en mandarina 'Pixie', en la que la temperatura de conservación de 0 °C provocó un leve aumento de compuestos volátiles.

Las pérdidas de calidad van aumentando con el tiempo de conservación, siendo muchas veces limitantes de la vida útil del producto, que no logra superar los 7 días de almacenamiento. Este aspecto está influenciado principalmente por la calidad inicial de los frutos en las distintas especies y variedades evaluadas.

El análisis multivariado fue útil para evaluar la evolución de todos los aspectos de calidad interna en forma general expresando la mayor pérdida de calidad en una componente, que en este caso representaba el 84% de variabilidad del sistema.

Además este análisis mostró la relación de esta variable con las originales y el comportamiento de las distintas combinaciones de tiempo y temperatura respecto de esta pérdida de calidad. En este aspecto, los parámetros que más influyeron fueron la pérdida de acidez y el contenido de etanol de los frutos. Se observó así que las pérdidas de calidad se observaban luego de 7 días de conservación y a temperaturas de 4 y 8 °C, limitando así la vida útil del producto.

CAPÍTULO III

**Efecto del método de descascarado sobre la
pérdida de calidad de mandarinas, naranjas y
pomelos procesados frescos**

III.1. INTRODUCCIÓN

Los frutos cítricos presentan aptitud para elaborar frutos listos para consumir debido a sus características de frutos no climatéricos y a la disposición radial de sus gajos o segmentos, que permite una fácil separación sin que se pierda la integridad de la estructura vesicular (Pretel et al., 2008). Sin embargo, al eliminar la protección natural otorgada por la cáscara, aumento el riesgo de cambios en el fruto, tales como la deshidratación, el envejecimiento y el desarrollo de un metabolismo anaeróbico (Pretel et al., 2008).

Entre los métodos de extracción de cáscara semiautomáticos, desarrollados en los últimos años, se encuentran el método enzimático (Pao et al., 1996; Pretel et al., 1997, 2007 y 2008; Pagán et al., 2005 y 2006; Bello et al., 2008, 2009, 2010a y 2010b) y el método hidrotérmico o por infusión térmica (Pao et al., 1996; Pinheiro et al., 2009; Bello et al., 2010a y b).

El método enzimático está basado en la digestión de las sustancias pécticas existentes en la pared celular, mediante la inmersión de los frutos en una preparación enzimática y aplicación de vacío (Pretel et al., 1997, 2008; Pagán et al., 2005 y 2006; Bello et al., 2008, 2009, 2010a y 2010b). El método de infusión térmica es similar al anterior, sin utilizar enzimas, sólo sumergiendo a los frutos en agua caliente y con pulsos de vacío y ha mostrado efectividad en el descascarado de naranjas y mandarinas (Pinheiro et al., 2009; Bello et al., 2010a y b).

En los procesos de descascarado enzimático y por infusión térmica, se utilizan temperaturas superiores a 40 °C. Estas temperaturas tan elevadas han provocado aumento en el contenido de volátiles de frutos cítricos enteros (Palou et al., 2001; Cocco et al., 2008). Es por ello que esta etapa puede ser crítica desde el punto de vista de la calidad interna del producto.

Como se mencionó previamente un aumento de la actividad metabólica de los frutos puede reducir la calidad sensorial y nutricional del producto, por generación de sustancias indeseables y por la pérdida de compuestos antioxidantes (Del Caro et al., 2004; Plaza et al., 2011). A su vez, esto puede estar condicionado por la variedad evaluada y sus condiciones previas a la cosecha (Xu et al., 2008). Así es que, los cambios metabólicos provocados por el descascarado pueden perjudicar a un producto final que debe presentar los atributos de calidad interna del producto "fresco". Es por ello que esta etapa puede convertirse en crítica respecto de las pérdidas de calidad interna, debiéndose evaluar para las especies y variedades cítricas estudiadas en esta tesis para determinar el mejor método de descascarado a utilizar en una aplicación comercial.

El objetivo de este capítulo fue evaluar el efecto del método de descascarado sobre la pérdida de calidad de gajos de naranjas (pigmentadas y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados.

III.2. MATERIALES Y MÉTODOS

III.2.a) Material biológico

Se cosecharon frutos de naranjas (*Citrus sinensis* L. Osbeck cv. 'Cara cara' y Navelate), mandarinas (*Citrus reticulata* var. 'Pixie') y pomelos (*Citrus paradisi* var. 'Star Ruby') de tamaño y color homogéneos en estado de madurez comercial (IASCAV, 1993) de lotes de Estación Experimental Agropecuaria Concordia del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina), durante 2 campañas. En total para cada variedad se cosecharon unos 60 frutos, que luego se distribuyeron aleatoriamente para los distintos tratamientos.

III.2.b) Proceso

Dentro de las 24 h de cosechados los frutos lavados en línea de empaque experimental y desinfectados con solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio, previo al procesamiento que consistió en los distintos métodos de descascarado (enzimático o por infusión térmica) en equipamiento específico a escala piloto. Por otro lado, se utilizó descascarado manual como control, extrayendo la cáscara con una cuchilla. Por último los frutos fueron desgajados manualmente y escurridos en centrifuga manual (tratamientos enzimático y de infusión térmica) durante 30 segundos, para luego envasarlos (334 ± 26 , 337 ± 43 , 205 ± 14 y 325 ± 47 g de naranjas 'Cara cara' y 'Navelate', mandarinas 'Pixie' y pomelos 'Star Ruby', respectivamente) en bandejas de poliestireno (Cotnyl) de 600 mL de capacidad cubiertas con film de poliolefina semipermeable (Cryovac D955) de 15 μm de espesor sin perforar, y conservándolos durante 7 días a 2 °C. Al finalizar la conservación se realizaron los análisis de calidad.

III.2.b.1 Tratamiento por infusión térmica:

Se realizaron cortes manuales de 3 a 5 mm de profundidad en el flavedo (2 cortes en sentido radial y 4 en sentido ecuatorial) de los frutos previo al tratamiento de infusión térmica. Luego se colocaron en un recipiente de acero inoxidable que permite la aplicación de vacío y el control de la temperatura de 40 L de capacidad, donde se colocaron 20 frutos y se les aplicaron 4 ciclos alternados de 1 minuto a 600 mm Hg de vacío en agua a 55 °C. A continuación los frutos pelados fueron acondicionados manualmente y enfriados mediante inmersión en agua a 15 °C, previo a su envasado.

III.2.b.2 Tratamiento enzimático:

Se realizaron cortes manuales en el flavedo de los frutos al igual que en el tratamiento anterior, previamente a someterlos en el mismo dispositivo a condiciones de 4 ciclos alternados de 1 minuto a 600 mm Hg de vacío en un caldo con 10 g/L de la pectinasa comercial (Milarex C, Milar Enzimas SRL) a 45 °C de temperatura y con un pH de la disolución ajustado a 4,5 con ácido cítrico. A continuación los frutos pelados fueron acondicionados manualmente y enfriados mediante inmersión en agua a 15 °C previo a su envasado.

III.2.c) Variables evaluadas

III.2.c.1) Pérdida de peso. Se evaluó la pérdida de peso de los gajos escurridos desde el momento de envasado hasta el final de la conservación, expresado en forma porcentual.

III.2.c.2) Calidad interna. Se evaluaron los siguientes parámetros de calidad interna de la forma descrita en el capítulo II sobre el jugo filtrado, extraído de los gajos de cada tratamiento y repetición:

- Contenido de sólidos solubles (**SS**)
- Acidez titulable (**AT**)
- Contenido de acetaldehído y etanol
- Capacidad antioxidante total (**CAT**).

III.2.c.3) Pérdida de calidad interna. Al igual que en el capítulo II, se evaluó la variación de la calidad respecto de la fruta recién cosechada (valores iniciales) y se expresó como pérdida de sólidos solubles (PSS), de acidez (PAT) y de capacidad antioxidante (PCAT) y como aumento de acetaldehído (AAc) y de etanol (AEt).

III.2.d) Análisis estadístico

El ensayo tuvo un diseño completamente aleatorizado con arreglo unifactorial comparando los tres tipos de descascarado y fue sujeto a análisis de la varianza usando Statgraphics Plus (Versión 5.1). Se evaluó la calidad interna inicial mediante análisis de la varianza (ANOVA) unifactorial de los parámetros de calidad y separación de medias mediante prueba t ($\alpha \leq 0,05$). La pérdida de parámetros de calidad se evaluó mediante ANOVA, calculando el porcentaje de la suma de cuadrados totales (Artés-Hernández et al., 2007). En caso de encontrar diferencias significativas, para comparar parámetros de calidad y pérdidas de calidad entre los distintos tratamientos, se aplicó el test de Tukey, con un nivel de confianza del 95%.

La pérdida de calidad se evaluó mediante análisis multivariado de las pérdidas de cada parámetro individual en las distintas variedades, aplicando un Análisis de Componentes Principales.

III.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.3.1. Calidad inicial

Los frutos utilizados en el ensayo presentaban los índices de madurez (SS/AT) adecuados para su consumo en fresco (Tabla III.1). Sin embargo, en naranjas y mandarinas este parámetro fue muy diferente entre la cosecha de un año y la siguiente, con niveles de índices de madurez de 9 y 14, 7 y 11 y 11 y 16 para naranjas var. 'Cara cara', var. 'Navelate' y mandarinas var. 'Pixie', respectivamente. Los pomelos utilizados en este ensayo se encontraban en sus estados de madurez menos avanzados a pesar de estar bajos los límites para su comercialización como fruta fresca, aunque eran muy inferiores a los mencionados para pelado enzimático por otros autores (Pagán et al., 2010).

El contenido de volátiles (acetaldehído y etanol) presentó diferencias sólo en naranjas cv. 'Cara cara', con mayores niveles para mayor índice de madurez. El contenido de acetaldehído de naranjas cv. 'Navelate', mandarinas cv. 'Pixie' y pomelos cv. 'Star Ruby' no presentó diferencias entre ambas campañas, mientras que el etanol fue superior durante el primer año

respecto del segundo, probablemente debido a estrés de la fruta durante su cultivo. Sin embargo, los niveles elevados de volátiles son muy inferiores a los umbrales de detección de malos sabores (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009).

Tabla III.1. Calidad interna inicial de los frutos de las distintas variedades para las 2 campañas evaluadas.

Variedad	Año	SS [%]	AT [mg AC/ 100 mL]	SS/AT	Acetaldehído [ppm]	Etanol [ppm]	CAT	
							[% Inh DPPH]	[mM TEAC]
N. Cara cara	1º	11,3 ± 0,5 a ¹	1,23 ± 0,12 B	9,3	9,9 ± 0,7 a	122 ± 15 A	68,9 ± 2,3 b	4,60 ± 0,15
	2º	12,1 ± 0,1 b	0,86 ± 0,02 A	14,0	23,1 ± 1,3 b	202 ± 41 B	59,3 ± 1,0 a	3,94 ± 0,07
N. Navelate	1º	12,1 ± 0,3 B	1,69 ± 0,13 b	7,2	13,4 ± 0,7 A	140 ± 17 b	67,2 ± 1,1 B	4,48 ± 0,07
	2º	10,9 ± 0,1 A	0,96 ± 0,03 a	11,4	13,3 ± 1,0 A	83 ± 16 a	41,0 ± 0,5 A	2,68 ± 0,03
M. Pixie	1º	12,8 ± 0,2 b	1,13 ± 0,08 B	11,4	17,9 ± 3,5 a	281 ± 15 B	29,4 ± 1,4 a	1,88 ± 0,09
	2º	12,1 ± 0,2 a	0,78 ± 0,08 A	15,7	17,4 ± 2,5 a	78 ± 16 A	27,7 ± 1,1 a	1,76 ± 0,07
P. Star Ruby	1º	13,0 ± 0,2 A	2,63 ± 0,02 b	4,9	17,8 ± 2,3 A	310 ± 29 b	54,9 ± 0,9 B	3,63 ± 0,06
	2º	11,8 ± 0,2 A	2,13 ± 0,03 a	5,5	16,7 ± 2,2 A	173 ± 11 a	38,8 ± 1,1 A	2,53 ± 0,07

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre años para cada variedad (prueba t, $\alpha < 0,05$).

La capacidad antioxidante total, por su parte, fue inferior para el segundo año en naranjas cv. 'Cara cara' y cv. 'Navelate' y pomelos cv. 'Star Ruby', sin diferencias significativas para mandarinas cv. 'Pixie' (Tabla III.1). Estos niveles de CAT determinados para naranjas cv. 'Cara cara' (ambos años) y cv. 'Navelate' para el primer año, fueron similares o superiores a los determinados por otros autores para otras variedades de naranjas (Del Caro et al., 2004; Xu et al., 2008). Por su parte, los niveles de CAT en mandarinas cv. 'Pixie' fueron superiores a los encontrados en mandarinas del tipo satsuma para algunos autores (Shen et al., 2013), pero inferiores a los observados por otros (Xu et al., 2008) y a los determinados en híbridos (Del Caro et al., 2004). En pomelos cv. 'Star Ruby', los niveles determinados en el primer año fueron similares los encontrados por Del Caro et al. (2004) en jugo de otras variedades de pomelo y los del segundo año similares a los observados en pomelos por Xu et al. (2008) en otras variedades.

Ante la heterogeneidad entre años de la calidad interna, se evaluó el efecto del método de descascarado de los frutos como pérdidas de los parámetros de calidad interna: disminución en el contenido de sólidos solubles, acidez y capacidad antioxidante total y un aumento en el contenido de acetaldehído y etanol.

III.3.2. Pérdidas de calidad

Los gajos de los frutos con los distintos métodos de descascarado, presentaban buen aspecto luego de la conservación de 7 días a 2 °C tal como puede observarse en gajos de mandarina ‘Pixie’ (Figura III.1). Se observaron restos de albedo en los frutos descascarados de forma manual y en menor medida en los tratados por infusión térmica, similar a lo observado en ensayos previos (Bello et al., 2008, 2009, 2010 a y b).



Figura III.1. De izquierda a derecha, gajos de mandarina Pixie descascarado por el método enzimático, de infusión térmica o manual, respectivamente.

III.3.2.1. Pérdida de peso:

Los gajos de naranjas, mandarinas y pomelos sufrieron una pérdida de peso fresco durante la conservación. Con respecto al método de descascarado, esta pérdida de peso fue mayor para el método enzimático respecto de los otros métodos en todas las variedades, pero especialmente en pomelos (Figura III.2). De forma similar, otros autores observaron pérdidas de jugo en naranjas descascaradas con tratamiento enzimático, a diferencia del tratamiento manual que no perdió jugo (Donadon et al., 2004). Por su parte, Pretel et al. (2008) encontraron diferencias en el efecto del descascarado enzimático respecto del estado de madurez de los frutos, pero no respecto de la especie.

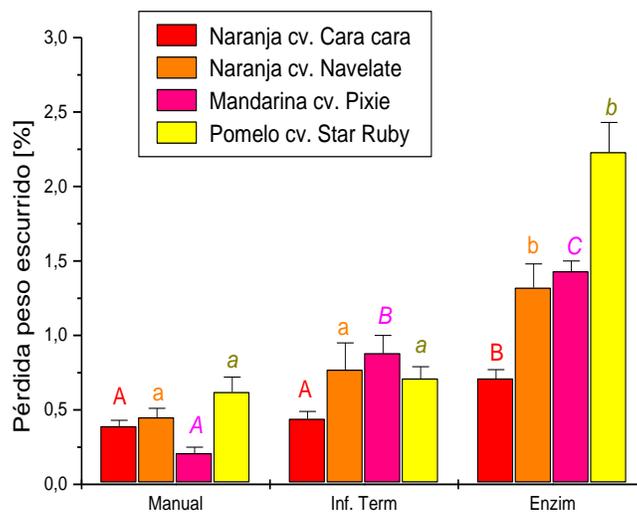


Figura III.2. Pérdida de peso escurrido de los gajos de naranjas cv. Cara cara y cv. Navelate, mandarinas cv. Pixie y pomelos cv. Star Ruby. Letras diferentes de un mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $\alpha=0,05$).

El tratamiento por infusión térmica también presentó mayor pérdida de peso que el testigo en mandarinas, pero inferior al tratamiento enzimático (Figura III.2). De forma similar, Pao et al. (1996) observaron disminución del peso fresco en el descascarado por infusión térmica, aunque en menor medida que para el tratamiento enzimático.

III.3.3. Calidad interna

Luego de la conservación de 7 días a 2 °C, los gajos de naranja cv. 'Cara cara' y cv. 'Navelate', mandarina cv. 'Pixie' y pomelo cv. 'Star Ruby' presentaron, en general, niveles de sólidos solubles, acidez total y capacidad antioxidante total, inferiores (Tablas III.2, III.3, III.4 y III.5) a los determinados al inicio del ensayo (Tabla III.1).

El contenido de volátiles, por su parte, fue superior al final de la conservación para todos los frutos, sin alcanzar niveles de detección de sabores desagradables (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009). Esta pérdida de calidad incluye el procesamiento de los frutos, pero también el período de conservación, que como ya se observó en el capítulo II provoca una pérdida de calidad del fruto respecto del valor inicial.

III.3.3.a. Naranja Cara cara

Comparando los datos finales en función de los métodos de descascarado, los gajos de naranja cv. 'Cara cara' presentaron niveles de sólidos solubles similares entre tratamientos (Tabla III.2), similar a lo observado en otra variedad de naranja (Bello et al., 2010a). Con respecto al contenido de acidez fue inferior en frutos descascarados por infusión térmica respecto del método manual, para el segundo año (Tabla III.2). En otras variedades no se observó diferencia en la acidez provocada por estos métodos de descascarado (Bello et al., 2010a), similar a los resultados observados aquí en el primer año.

La capacidad antioxidante total tampoco presentó diferencias entre métodos en el primer año y en el segundo año niveles superiores del método de infusión térmica respecto del método manual y de éste respecto del enzimático. La CAT es inferior a los observados en gajos de naranjas Shamouti y Salustiana conservadas durante 8 días a 4 °C (Del Caro et al., 2004).

Tabla III.2. Calidad interna de los gajos de naranja Cara cara final (7 días a 2 °C) con distinto método de descascarado.

<i>Campaña</i>	<i>Descascarado</i>	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
1º	Enzimático	10,7 ± 0,4 a ¹	0,99 ± 0,07 A	19,2 ± 0,4 a	394 ± 54 A	52,8 ± 3,0 a
	Inf. Térmica	10,8 ± 0,4 a	1,08 ± 0,04 A	25,7 ± 0,9 b	464 ± 22 A	53,8 ± 2,6 a
	Manual	10,6 ± 0,7 a	0,99 ± 0,12 A	24,6 ± 1,2 b	386 ± 37 A	54,0 ± 2,1 a
2º	Enzimático	11,5 ± 0,3 A	0,61 ± 0,03 ab	42,5 ± 1,7 B	591 ± 17 b	36,8 ± 0,4 A
	Inf. Térmica	11,5 ± 0,3 A	0,59 ± 0,03 a	44,5 ± 2,5 B	555 ± 33 b	39,4 ± 0,3 C
	Manual	11,9 ± 0,7 A	0,68 ± 0,04 b	35,2 ± 0,8 A	452 ± 25 a	38,1 ± 0,5 B

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, α=0,05).

Respecto del contenido de volátiles (Tabla III.2), el método de descascarado por infusión térmica presentó mayores niveles que el descascarado manual de acetaldehído (ambos años) y de etanol (2º año).

III.3.3.b. Naranja Navelate

En naranjas cv. 'Navelate', se observaron niveles superiores de sólidos solubles en el descascarado enzimático, respecto del método de infusión térmica en el primer año, sin diferencias en el segundo (Tabla III.3), similar a lo observado en naranja Valencia Seedless (Bello et al., 2010a). El método enzimático a su vez mostró niveles mayores de acidez respecto de los otros dos métodos para ambos años, con niveles mayores para el método manual del segundo año respecto del de infusión térmica sólo para el segundo año. Sin embargo, en ensayos previos no se observaron diferencias de acidez por estos métodos para naranja Valencia Seedless (Bello et al., 2010a), probablemente porque la temperatura y el tiempo de conservación fueron inferiores a los evaluados en este ensayo.

Tabla III.3. Calidad interna de los gajos de naranja Navelate final (7 días a 2 °C) con distinto método de descascarado.

<i>Campaña</i>	<i>Descascarado</i>	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
1º	Enzimático	11,9 ± 0,2 b ¹	1,57 ± 0,07 B	18,0 ± 0,2 a	485 ± 14 B	65,2 ± 1,9 b
	Inf. Térmica	11,5 ± 0,2 a	1,02 ± 0,09 A	21,2 ± 1,4 a	438 ± 28 B	62,6 ± 1,9 b
	Manual	11,5 ± 0,1 ab	0,96 ± 0,04 A	20,8 ± 2,5 a	332 ± 34 A	58,0 ± 1,7 a
2º	Enzimático	10,1 ± 0,5 A	0,81 ± 0,08 c	21,4 ± 1,2 B	497 ± 20 b	32,8 ± 0,7 B
	Inf. Térmica	10,6 ± 0,6 A	0,58 ± 0,01 a	19,7 ± 1,0 B	522 ± 39 b	28,3 ± 0,7 A
	Manual	10,3 ± 0,4 A	0,71 ± 0,03 b	16,2 ± 0,6 A	294 ± 45 a	27,2 ± 0,7 A

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

La capacidad antioxidante también fue superior en el método enzimático respecto del manual para ambos años, mientras que el método de infusión térmica presentó niveles superiores de capacidad antioxidante que el manual en el primer año y niveles similares en el segundo. La CAT final luego de 7 días a 2 °C es inferior a la registrada por otros autores en gajos de naranjas Shamouti y Salustiana conservadas durante 8 días a 4 °C (Del Caro et al., 2004).

Respecto del contenido de volátiles en el primer año, no se observaron diferencias en acetaldehído entre tratamientos y mayores niveles de etanol para los métodos enzimático y de infusión térmica, respecto del manual. En el segundo año, esta tendencia fue similar tanto en acetaldehído como en etanol (Tabla III.3). En otro tipo de naranjas descascaradas por estos métodos, los niveles superiores de acetaldehído se observaron en el método manual y de etanol en el método por infusión térmica (Bello et al., 2010a), mostrando este último método una tendencia clara a aumentar el contenido de etanol en naranjas, probablemente debido a que este método provoca un estrés térmico en los frutos (Arruda et al., 2008a).

III.3.3.c. Mandarina Pixie

En mandarinas cv. 'Pixie', se observaron niveles superiores de sólidos solubles en el descascarado enzimático, respecto del método manual y de éste respecto del de infusión térmica en el primer año (Tabla III.4). En el segundo año, no se observaron diferencias en el contenido de sólidos solubles, similar a lo observado en otros ensayos (Bello et al., 2010b).

El método enzimático a su vez mostró niveles mayores de acidez respecto del método manual y éste respecto del de infusión térmica en el segundo año (Tabla III.4). En el primer año, no se observaron diferencias en el contenido de acidez entre tratamientos, similar a lo observado previamente (Bello et al., 2010b).

La capacidad antioxidante fue superior en el primer año para el método manual, seguida por en el enzimático, mientras que el segundo año tanto el enzimático como el de infusión térmica presentaron niveles superiores al método manual. Los datos de CAT para todos los tratamientos luego de 7 días a 2 °C son inferiores a los determinados para otros tipos de mandarina luego de 8 días a 4 °C (Del Caro et al., 2004) pero los del primer año son similares a los determinados en tangelo Minneola con 8 días a 4 °C (Del Caro et al., 2004) y en mandarinas Satsuma conservadas durante 9 días a 4 °C (Shen et al., 2013).

Tabla III.4. Calidad interna de los gajos de mandarina Pixie final (7 días a 2 °C) con distinto método de descascarado.

<i>Campaña</i>	<i>Descascarado</i>	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
1º	Enzimático	12,4 ± 0,3 c ¹	0,74 ± 0,06 A	39,2 ± 2,2 a	535 ± 24 B	18,4 ± 1,0 b
	Inf. Térmica	10,8 ± 0,3 a	0,68 ± 0,09 A	49,3 ± 2,0 b	504 ± 24 AB	13,5 ± 0,8 a
	Manual	11,7 ± 0,1 b	0,77 ± 0,03 A	45,3 ± 4,7 ab	444 ± 27 A	22,3 ± 0,8 c
2º	Enzimático	11,4 ± 0,3 A	0,68 ± 0,01 c	72,8 ± 2,8 A	588 ± 40 ab	18,8 ± 0,7 B
	Inf. Térmica	11,0 ± 0,6 A	0,48 ± 0,03 a	78,9 ± 3,8 A	631 ± 35 b	19,7 ± 1,5 B
	Manual	11,4 ± 0,4 A	0,60 ± 0,02 b	78,3 ± 3,4 A	522 ± 12 a	14,0 ± 2,0 A

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

Respecto del contenido de volátiles en el primer año el contenido de acetaldehído fue superior en el método de infusión térmica respecto del enzimático, mientras que el de etanol fue superior en el enzimático que el manual. En el segundo año, por su parte no se observaron diferencias en acetaldehído y en el contenido de etanol fue superior el de infusión térmica que el método manual (Tabla III.4). En todos los casos, los niveles alcanzados no llegan a ser críticos para desarrollar sabores extraños (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009).

En ensayos previos, el contenido de acetaldehído fue superior en los métodos manuales y por infusión térmica (Bello et al., 2010a). Mientras que en el contenido de etanol los métodos enzimático y por infusión térmica, presentaron mayores niveles respecto del método manual (Bello et al., 2010a), mostrando este método hidrotérmico una tendencia clara a aumentar el contenido de etanol tanto en mandarinas como en naranjas.

III.3.3.d. Pomelo Star Ruby

En pomelos cv. 'Star Ruby', se observaron niveles superiores de sólidos solubles en el descascarado enzimático y manual, respecto del método de infusión térmica para el primer año, y del tratamiento manual respecto del enzimático para el segundo año (Tabla III.5). El contenido de acidez fue similar para los tres métodos en el primer año y fueron inferiores los contenidos de acidez de los métodos enzimáticos y de infusión térmica respecto del manual para el segundo año. La capacidad antioxidante no presentó diferencias entre tratamientos en ninguno de los dos años.

Respecto del contenido de volátiles, a diferencia de lo observado en naranjas y mandarinas, el tratamiento que lo afectó más fue el descascarado enzimático y no el método de infusión térmica. Así, el contenido de etanol fue superior en el método enzimático respecto de los otros dos para los dos años evaluados (Tabla III.5). Mientras que el contenido de acetaldehído fue similar para los tres métodos en el primer año y fue superior en el método enzimático respecto del de infusión térmica y el de éste que el manual para el segundo año (Tabla III.5).

Tabla III.5. Calidad interna de los gajos de pomelo Star Ruby final (7 días a 2 °C) con distinto método de descascarado.

<i>Campaña</i>	<i>Descascarado</i>	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
1º	Enzimático	12,1 ± 0,2 b ¹	2,15 ± 0,11 A	26,2 ± 2,3 a	698 ± 30 B	40,5 ± 3,2 a
	Inf. Térmica	11,2 ± 0,1 a	2,33 ± 0,24 A	30,0 ± 4,3 a	571 ± 21 A	39,9 ± 0,5 a
	Manual	12,4 ± 0,3 b	2,35 ± 0,16 A	23,2 ± 0,7 a	528 ± 23 A	39,2 ± 1,1 a
2º	Enzimático	10,2 ± 0,3 A	1,31 ± 0,07 a	55,9 ± 4,9 C	537 ± 19 b	28,9 ± 1,1 A
	Inf. Térmica	10,5 ± 0,3 AB	1,42 ± 0,03 a	39,8 ± 3,2 B	437 ± 44 a	28,7 ± 1,8 A
	Manual	11,2 ± 0,3 B	1,69 ± 0,08 b	27,3 ± 4,5 A	406 ± 11 a	28,1 ± 0,3 A

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

III.3.4. Pérdida de calidad interna

En el análisis de la varianza con respecto a las variables de calidad interna fueron significativos tanto el método de descascarado como en el tipo de fruta evaluada, siendo además significativa la interacción de ambos en todas las variables a excepción del contenido de sólidos solubles para el que la interacción no fue significativa (Tabla III.6).

III.3.4.a. Naranja Cara cara

En naranjas cv. 'Cara cara' no se observaron diferencias significativas (Figura III.3) en las pérdidas de sólidos solubles, acidez y capacidad antioxidante, acorde a lo observado también por otros autores en naranjas con descascarados enzimático y manual (Donadon et al., 2004) y por infusión térmica (Pinheiro et al., 2009).

El contenido de volátiles aumentó más en el método de infusión térmica respecto del manual, sin diferencias con el método enzimático, probablemente debido a un aumento en la

actividad fisiológica dada por el tratamiento. Así, otros autores observaron aumentos en la actividad respiratoria de naranjas sometidas a descascarado enzimático (Donadon et al., 2004) o por infusión térmica (Pinheiro et al., 2009). Sin embargo, este fenómeno se observaba sólo en las primeras horas después del proceso y a continuación la actividad se estabilizaba, por lo que el aumento de los productos de la fermentación en este caso puede deberse más a diferencias entre frutas o condiciones de envasado que al método de descascarado.

Tabla III.6. Análisis de la varianza de pérdida de parámetros de calidad interna de gajos de naranjas cv. Cara cara y cv. Navelate, mandarinas cv. Pixie y pomelos cv. Star Ruby según el método de descascarado.

	GI	PSS	PAT	AAc	AEt	PCAT
EFFECTOS PRINCIPALES						
A:Fruta	3	31,5 ^a ***	14,5***	90,2***	75,8***	81,3***
B:TipoDescasc	2	12,0***	18,8***	2,1***	14,5***	3,2**
INTERACCIÓN						
AB	6	24,7 NS	59,0***	6,8***	7,4***	11,4***
RESIDUOS	24	31,8	7,7	1,0	2,3	4,2
TOTAL						
(CORREGIDO)	35	508	2917	218395	382540	2148

^a Porcentaje de la suma de cuadrados

NS: no significativo. *, **, *** significativo para P ≤ 0,05; 0,01 y 0,001, respectivamente.

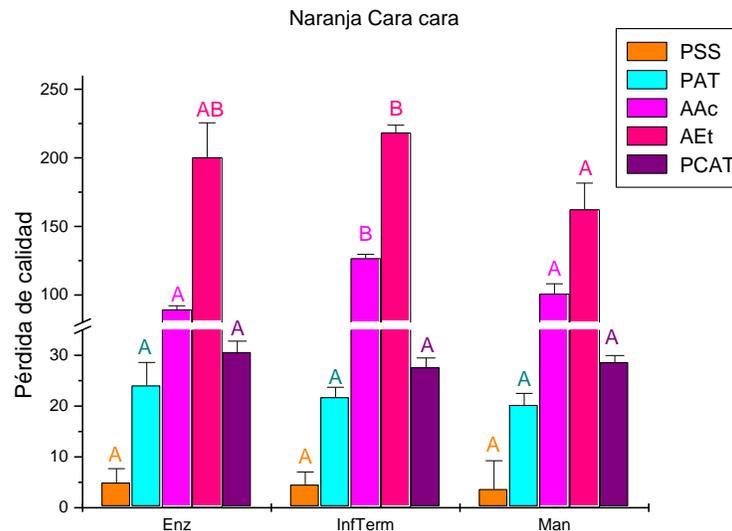


Figura III.3. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para cada tipo de descascarado en naranjas cv. Cara cara (promedios y desviación estándar). Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

III.3.4.b. Naranja Navelate

En naranjas cv. Navelate no se observaron diferencias significativas en las pérdidas de sólidos solubles (Figura III.4). La pérdida de acidez fue superior en el descascarado manual e infusión térmica respecto del enzimático. La pérdida de capacidad antioxidante fue superior en

descascarado manual respecto de la infusión térmica y éste del método enzimático. El aumento de acetaldehído fue similar en los tres métodos, pero el aumento de etanol fue superior en los métodos enzimático y de infusión térmica, respecto del manual, lo que implicaría un aumento de su actividad fisiológica, que difiere de lo observado por otros autores en lo que respecta a la actividad respiratoria (Donadon et al., 2004; Pinheiro et al., 2009).

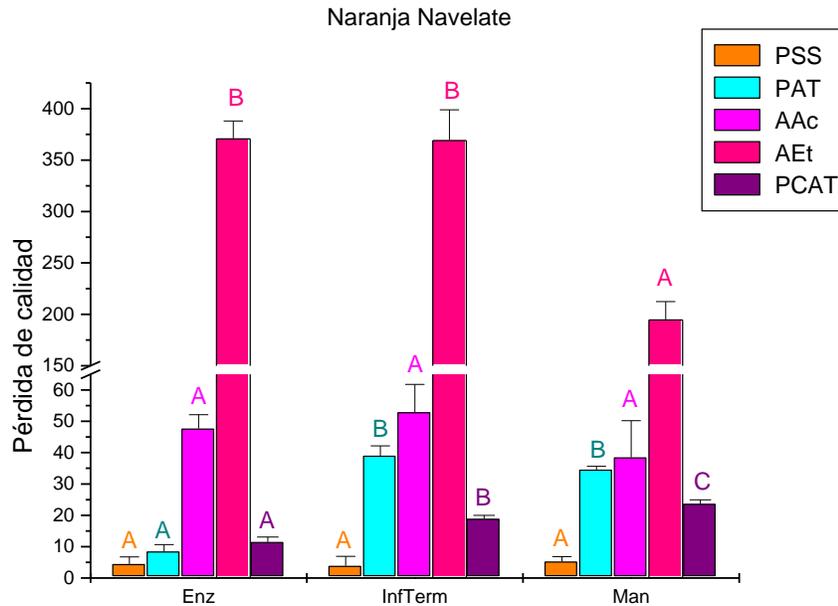


Figura III.4. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para cada tipo de descascarado en naranjas cv. Navelate. Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

III.3.4.c. Mandarina Pixie

En mandarinas cv. 'Pixie' no se observaron diferencias significativas en las pérdidas de capacidad antioxidante (Figura III.5). La pérdida de sólidos solubles y de acidez fue superior en el método de infusión térmica respecto de los otros métodos. El aumento de acetaldehído fue superior en el descascarado por infusión térmica y el manual, respecto del método enzimático. El aumento de etanol, por su parte fue superior para métodos enzimáticos y de infusión térmica respecto del método manual, lo que implicaría un aumento de su actividad fisiológica, que difiere de lo observado por otros autores en lo que respecta a la actividad respiratoria (Donadon et al., 2004; Pinheiro et al., 2009).

III.3.4.d. Pomelo Star Ruby

En pomelos cv. 'Star Ruby' no se observaron diferencias significativas en las pérdidas de capacidad antioxidante (Figura III.6). La pérdida de sólidos solubles fue superior en el método enzimático y de infusión térmica respecto del método manual. La pérdida de acidez fue superior en el método enzimático respecto del manual, sin diferencias con el método de

infusión térmica. El aumento de acetaldehído fue superior en el método enzimático, respecto del método de infusión térmica y éste fue superior al método manual. El aumento de etanol fue superior en el método enzimático respecto de infusión térmica y descascarado manual, lo que implicaría un aumento de su actividad fisiológica, que difiere de lo observado por otros autores en lo que respecta a la actividad respiratoria (Donadon et al., 2004; Pinheiro et al., 2009).

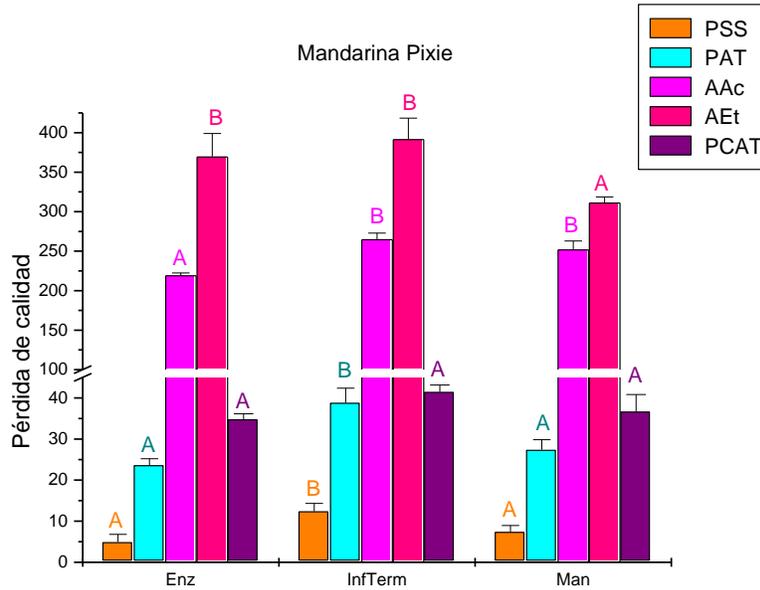


Figura III.5. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para cada tipo de descascarado en mandarinas cv. Pixie. Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

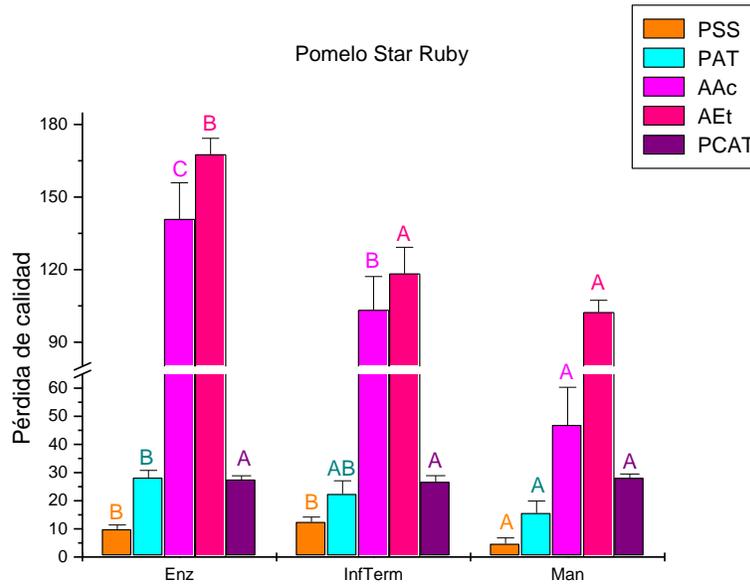


Figura III.6. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para cada tipo de descascarado en pomelos cv. Star Ruby. Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

III.3.5. Análisis multivariado de la pérdida de calidad interna

Se puede ver que los métodos de descascarado mostraron diferente comportamiento en las distintas variedades (Figuras III.3 a III.6) respecto de las variables de calidad interna. Dichas pérdidas de calidad interna se observan en forma general mediante el análisis de componentes principales, que en caso de analizarlas por variedad concentra una variabilidad del 73% en las 2 primeras componentes (Tabla III.7).

El mismo análisis respecto de las especies cítricas concentra variabilidad del sistema del 85% en las 2 primeras componentes (Tabla III.8), con un 64% para λ_1 (asociado a la componente principal 1) y un 21% para λ_2 (CP2).

Tabla III.7. Autovalores y proporción del análisis de componentes principales por variedad.

<i>Lambda</i>	<i>Valor</i>	<i>Proporción</i>	<i>Prop. Acum</i>
1	2,53	0,51	0,51
2	1,13	0,23	0,73
3	0,77	0,15	0,89
4	0,53	0,11	0,99
5	0,04	0,01	1

Tabla III.8. Autovalores y proporción del análisis de componentes principales por especie cítrica.

<i>Lambda</i>	<i>Valor</i>	<i>Proporción</i>	<i>Prop. Acum</i>
1	3,18	0,64	0,64
2	1,05	0,21	0,85
3	0,49	0,1	0,94
4	0,23	0,05	0,99
5	0,05	0,01	1

En la figura III.7 se puede observar el efecto del método de descascarado para las distintas especies cítricas sobre la pérdida de calidad respecto de la fruta inicial. Se representan las componentes principales más importantes del análisis multivariado, representándose además las variables originales (pérdida de sólidos solubles, de acidez y de capacidad antioxidante y aumento de acetaldehído y de etanol) para definir el sentido de crecimiento de dichas variables.

Se observa así, en la proyección de todas las variables sobre la CP1, que estas aumentan de izquierda a derecha, es decir en el mismo sentido en el que aumenta la CP1 (Figura III.7). Y, como la CP1 a su vez representa un 63,5% de la variabilidad del sistema podemos tomarla como un indicio mayoritario del aumento en la pérdida de calidad interna de los frutos comparando los distintos métodos de descascarado.

También se pudo observar que las variables que más afectan esa pérdida de calidad son el aumento de acetaldehído y la pérdida de capacidad antioxidante, seguidos por la pérdida de acidez y el aumento de etanol y con influencia menor de la pérdida de sólidos solubles (Figura III.7). Esto puede verificarse mediante los autovectores obtenidos en el análisis de

componentes principales (Tabla III.9) que son mayores para el aumento de acetaldehído y la pérdida de capacidad antioxidante para la componente 1, con niveles inferiores para las otras variables. Mientras que para la componente 2 el mayor es la pérdida de sólidos solubles, seguidos por el aumento de etanol.

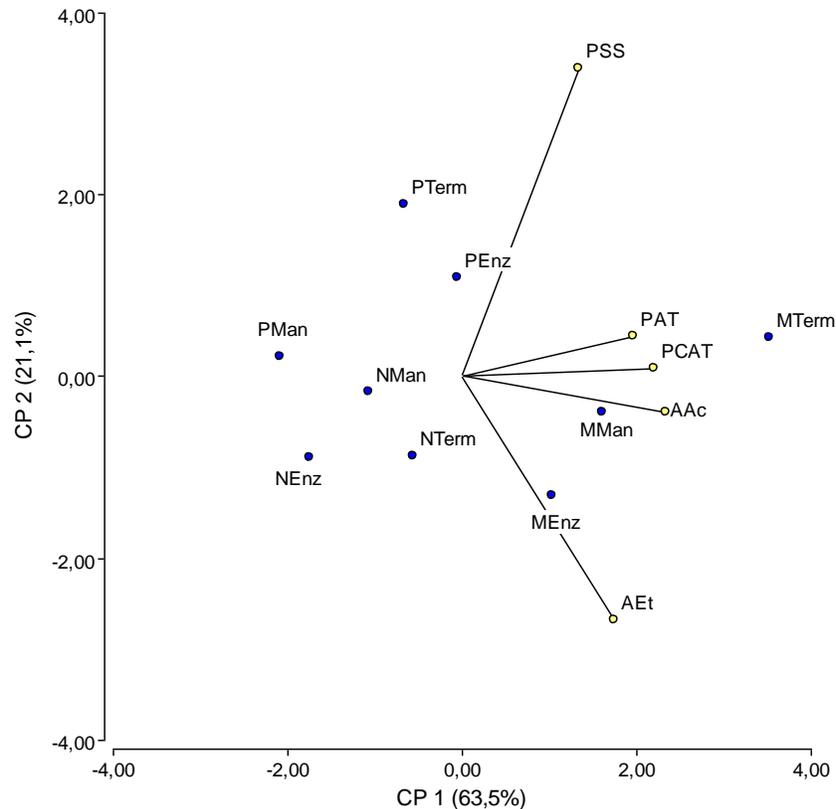


Figura III.7. Análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad para cada especie cítrica en función del método de descascarado.

Con respecto a los métodos de descascarado para cada variedad, pudo observarse en el análisis multivariado, que la CP1 presentó valores positivos en los tres métodos de descascarado para mandarinas, con valores negativos para naranjas y pomelos (Figura III.7).

Así, analizado en general sólo se observaron pérdidas de calidad en mandarinas en comparación con las otras especies cítricas. Estas pérdidas de calidad mayores en mandarinas respecto de naranjas son similares a las obtenidas en el capítulo II y se deben principalmente al aumento en el contenido de volátiles de los gajos durante la conservación. Así, en el caso de las mandarinas, donde las pérdidas de calidad son más pronunciadas, el método de infusión térmica para descascarado, altera más la calidad interna que los otros métodos que presentaron proyecciones sobre la CP1 muy similares (Figura III.7).

Esto que puede verse en el análisis multivariado para mandarinas, se da porque el aumento de acetaldehído que es la variable de mayor influencia sobre la CP1 (Tabla III.9), presentó niveles máximos para el método de infusión térmica y enzimático (Figura III.5), y una de las variables que le siguen en influencia (pérdida de acidez) presentó valores máximos en el método de infusión térmica (Fig. III.5).

En naranjas, a pesar de que los valores de CP1 son negativos, la proyección del descascarado por infusión térmica sobre la CP1 también es superior, seguido por el descascarado manual y por último por el método enzimático; esto se debe a que la variable de mayor influencia sobre la CP1, como es el aumento de acetaldehído presentó niveles máximos para el método de infusión térmica en naranjas 'Cara cara' (Fig. III.3), y las variables que le siguen en influencia, como las pérdidas de capacidad antioxidante y de acidez (Tabla III.9), fueron máximas para la infusión térmica y el descascarado manual en naranjas 'Navelate' (Fig. III.4). Otros autores, sin embargo, encontraron que ni el descascarado térmico ni enzimático, modificaron la calidad interna de naranjas comparados con un método manual (Donadon et al., 2004; Pinheiro et al., 2009).

Tabla III.9. Autovectores correspondiente a la componente principal 1 (e1) y componente principal 2 (e2) para el Análisis de Componentes Principales para las pérdidas de calidad.

Variables	e1	e2
PCAT	0,51	0,02
PSS	0,31	0,78
PAT	0,45	0,1
AAc	0,54	-0,09
AEt	0,4	-0,61

En pomelos, por su parte, es el método enzimático el de mayor proyección sobre la CP1, muy cercana pero inferior es la proyección del descascarado por infusión térmica y más alejado, con un mínimo de pérdida de calidad se encuentra el descascarado manual. Los pomelos presentaron menores niveles de pérdida de calidad porque presentaron niveles inferiores en todas las variables individuales, especialmente en el contenido de volátiles (Figura III.6). En este caso, el método enzimático provocó los mayores niveles de aumento de volátiles, especialmente de acetaldehído y también mayor pérdida de acidez que los otros métodos, siendo ambas variables las de mayor influencia sobre la CP1 (Tabla III.9).

III.4. CONCLUSIÓN

El método de descascarado utilizado modificó la calidad interna de los frutos, presentando diferente comportamiento entre las distintas especies cítricas. Los mayores niveles de pérdidas de calidad observados fueron debidos a aumento en el contenido final de volátiles. Este efecto observado fue más importante en mandarinas que en naranjas, y en menor medida para pomelos.

Así, comparando los distintos métodos de descascarado en naranjas y mandarinas, el método de infusión térmica provocó mayor aumento en el contenido de volátiles respecto del método enzimático. Esto se observó especialmente en un aumento de acetaldehído en naranjas

cv. 'Cara cara' y mandarinas cv. 'Pixie', ya que el etanol presentó niveles de aumento similares para ambos tipos de tratamientos.

Otra variable en la que el método de infusión térmica presentó niveles más elevados fue la pérdida de acidez. Esta disminución de la acidez, se observó especialmente en mandarina 'Pixie' y también en naranjas cv. 'Navelate'.

Además este método de descascarado presentó mayor pérdida de capacidad antioxidante en naranjas respecto del método de respecto del método enzimático.

Por otro lado, en pomelos fue el método enzimático, el que afectó mayormente la calidad de los gajos, aumentando el contenido de volátiles, especialmente de acetaldehído y también con mayor pérdida de acidez que los otros métodos.

Así, que la pérdida de calidad interna provocada por el método de infusión térmica en naranjas y mandarinas, fue superior a los otros métodos. En pomelos, por su parte, el método enzimático fue el de mayor pérdida de calidad provocada por mayor aumento de volátiles y pérdida de acidez. Esto mostró que las diferencias entre la pérdida de calidad de cada método de descascarado dependen de la especie cítrica procesada.

El análisis multivariado aplicado para comparar métodos de descascarado, permitió evaluar la evolución de todos los aspectos de calidad interna en forma general. Se observó que la componente principal 1 representaba un 64% de la variabilidad, dando una visión de la pérdida mayoritaria de la calidad. En este caso, las variables que influyeron más en el análisis multivariado para la comparación de los métodos de descascarado, fueron el aumento de acetaldehído y la pérdida de capacidad antioxidante, y en tercer lugar, la pérdida de acidez.

Por otro lado, el método de descascarado, aumentó también la pérdida de peso del producto escurrido, principalmente el pelado enzimático en pomelos cuando afectó la integridad del gajo, y probablemente provocó pérdidas de jugos durante la conservación. En este sentido el tratamiento por infusión térmica no provocó mayores pérdidas de peso en los gajos de pomelo respecto del método manual.

Es así que, es preferible realizar un descascarado enzimático en naranjas y mandarinas y un descascarado por infusión térmica en pomelos. Estos métodos permiten mejor acabado externo y no alteran tanto la calidad interna del fruto.

CAPÍTULO IV

**Efecto de la segmentación sobre la pérdida de
calidad de mandarinas, naranjas y pomelos
procesados frescos**

IV.1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las características de las frutas mínimamente procesadas se encuentra que se ha alterado su forma original (Robles-Sánchez, 2007) con mayor practicidad para su consumo, pero que mantienen su estado fresco. En este aspecto, los frutos cítricos presentan aptitud para elaborar frutos listos para consumir debido a sus características de frutos no climatéricos y a la disposición radial de sus gajos o segmentos, que permite una fácil separación (Pretel et al., 1998).

Se ha evaluado el efecto de la segmentación en naranjas descascaradas enzimáticamente (Pretel et al., 1998) y con tratamiento hidrotérmico (Agostini et al., 2013). En esos trabajos, se menciona un aumento mayor en la actividad respiratoria de los segmentos respecto de frutos enteros en las primeras horas luego de la separación en gajos (Arruda et al., 2008a).

El efecto del aumento de la tasa respiratoria en los frutos puede reducir la vida útil (Del Caro et al., 2004; Pretel et al., 2008; Arruda et al., 2011; Kluge, et al., 2003), mediante desarrollo de sabores y olores indeseables, además de pérdidas nutricionales y de compuestos bioactivos (Del Caro et al., 2004; Plaza et al., 2011).

Por ello se debe estudiar el efecto de esta etapa para las especies y variedades cítricas estudiadas en esta tesis, determinando la influencia que tiene esta etapa sobre la calidad interna de naranjas (pigmentadas y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados.

El objetivo de este capítulo fue evaluar el efecto de la segmentación sobre la pérdida de la calidad interna de la fruta fresca, para naranjas cv. ‘Cara cara’ y cv. ‘Navelate’, mandarinas cv. ‘Pixie’ y pomelos cv. ‘Star Ruby’ mínimamente procesados.

IV.2. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.2.a) Material biológico

Se cosecharon frutos de naranjas (*Citrus sinensis* L. Osbeck cv. ‘Cara cara’ y ‘Navelate’), mandarinas (*Citrus reticulata* var. ‘Pixie’) y pomelos (*Citrus paradisi* var. ‘Star Ruby’) de tamaño y color homogéneos en estado de madurez comercial (IASCAV, 1993) de lotes de Estación Experimental Agropecuaria Concordia del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina), durante 2 campañas. En total para cada variedad se cosecharon unos 50 frutos, que luego se distribuyeron aleatoriamente para los distintos tratamientos.

IV.2.b) Proceso

Dentro de las 24 h de cosechados los frutos lavados en línea de empaque experimental y desinfectados con solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio, previo al procesamiento que consistió en descascarado manual, según los tratamientos: sin segmentar (SC-E), segmentado en gajos (SC-G), lo que se comparó con frutos enteros (T: testigo).

A continuación se colocaron 2 frutos por envase (enteros o desgajados) en bandejas de poliestireno (Cotnyl) de 600 mL de capacidad cubiertas con film de poliolefina semipermeable (Cryovac D955) de 15 μm de espesor sin perforar y se conservaron a 2 °C durante 7 días, evaluando la calidad al finalizar la conservación.

IV.2.c) Variables evaluadas

IV.2.c.1) Pérdida de peso. Se evaluó la pérdida de peso de los gajos desde el momento de envasado hasta el final de la conservación, expresado en forma porcentual.

IV.2.c.2) Calidad interna. Se evaluaron los siguientes parámetros de calidad interna de la forma descrita en el capítulo II sobre el jugo filtrado, extraído de los frutos de cada tratamiento y repetición:

- Contenido de sólidos solubles (**SS**)
- Acidez titulable (**AT**)
- Contenido de sustancias volátiles (Acetaldehído y Etanol)
- Capacidad antioxidante total (**CAT**)

IV.2.c.3) Pérdida de calidad interna. Al igual que en el capítulo II, se evaluó la variación de la calidad respecto de la fruta recién cosechada (valores iniciales) y se expresó como pérdida de sólidos solubles (PSS), de acidez (PAT) y de capacidad antioxidante (PCAT) y como aumento de acetaldehído (AAc) y de etanol (AEt).

IV.2.d) Análisis estadístico

El ensayo tuvo un diseño completamente aleatorizado con arreglo unifactorial comparando los dos formas de segmentación y el testigo sin descascarar y fue sujeto a análisis de la varianza usando Statgraphics Plus (Versión 5.1). Se evaluó la calidad interna inicial mediante análisis de la varianza (ANOVA) unifactorial de los parámetros de calidad y separación de medias mediante prueba t ($\alpha \leq 0,05$). La pérdida de parámetros de calidad se evaluó mediante ANOVA, calculando el porcentaje de la suma de cuadrados totales (Artés-Hernández et al., 2007). En caso de encontrar diferencias significativas, para comparar parámetros de calidad y pérdidas de calidad entre los distintos tratamientos, se aplicó el test de Tukey, con un nivel de confianza del 95%.

La pérdida de calidad interna se evaluó mediante análisis multivariado de las pérdidas de cada parámetro individual en las distintas variedades, aplicando un Análisis de Componentes Principales.

IV.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.3.1. Calidad inicial

La calidad inicial de los frutos presentaba similares índices de madurez en ambas campañas (SS/AT) para naranjas y pomelos, mientras que para mandarinas en el primer año los frutos se encontraban en un estado de madurez muy avanzado (Tabla IV.1). En todos los casos los índices

de madurez superaban el mínimo requerido (6 en naranjas, 7 en mandarinas y 4,5 para pomelos) para consumo en fresco (IASCAV, 1993).

Tabla IV.1. Calidad interna inicial de los frutos de las distintas variedades para las 2 campañas evaluadas.

Variedad	Año	SS	AT	SS/AT	Acetaldehído	Etanol	CAT	
		[%]	[mg AC/ 100 mL]		[ppm]	[ppm]	[% Inh DPPH]	[mM TEAC]
N. Cara cara	1º	11,1 ± 0,4 a ¹	1,22 ± 0,05 A	9,1	15,6 ± 3,5 b	198 ± 4 B	71,5 ± 1,2 a	4,78 ± 0,08
	2º	11,4 ± 0,2 a	1,23 ± 0,12 A	9,3	5,5 ± 0,6 a	161 ± 7 A	68,9 ± 2,3 a	4,60 ± 0,15
N. Navelate	1º	12,8 ± 0,2 B	1,24 ± 0,19 a	10,4	13,4 ± 1,0 A	138 ± 29 b	72,0 ± 2,2 A	4,81 ± 0,15
	2º	11,2 ± 0,5 A	0,96 ± 0,03 a	11,7	11,7 ± 0,6 A	87 ± 5 a	69,3 ± 1,2 A	4,63 ± 0,08
M. Pixie	1º	12,1 ± 0,4 a	0,70 ± 0,05 A	17,3	10,4 ± 1,7 a	268 ± 18 A	24,7 ± 1,5 a	1,56 ± 0,09
	2º	11,9 ± 0,5 a	1,07 ± 0,09 B	11,2	15,7 ± 2,8 b	265 ± 33 A	29,4 ± 1,4 b	1,88 ± 0,09
P. Star Ruby	1º	9,7 ± 0,2 A	2,13 ± 0,03 a	4,6	23,3 ± 1,4 B	173 ± 11 a	59,5 ± 0,7 B	3,95 ± 0,05
	2º	12,1 ± 0,4 B	2,63 ± 0,02 b	4,6	13,4 ± 0,4 A	216 ± 23 b	54,9 ± 0,9 A	3,63 ± 0,06

¹Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre años para cada variedad (prueba t, $\alpha < 0,05$).

Los mayores niveles de volátiles se observaron en mandarinas cv. 'Pixie', sin embargo estaban por debajo de los umbrales de detección de malos sabores (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009).

Estos niveles de CAT determinados para naranjas 'Cara cara' y 'Navelate', fueron similares (Del Caro et al., 2004) o superiores a los determinados por otros autores para otras variedades de naranjas (Del Caro et al., 2004; Xu et al., 2008). Por su parte, los niveles de CAT en mandarinas cv. 'Pixie' fueron superiores a los encontrados en mandarinas del tipo satsuma para algunos autores (Shen et al., 2013), pero algo inferiores a los observados por otros (Xu et al., 2008) y a los determinados en híbridos (Del Caro et al., 2004). En pomelos cv. 'Star Ruby', los niveles determinados fueron similares los encontrados por Del Caro et al. (2004) en jugo de otras variedades de pomelo.

IV.3.2. Pérdidas de calidad

IV.3.2.1. Pérdida de peso

Luego de una conservación de 7 días a 2 °C, los frutos presentaban buen aspecto, tal como puede observarse para naranjas 'Cara cara' en la Figura IV.1.

Tanto los frutos descascarados enteros o en gajos de todas las variedades, mostraron pérdida de peso durante su conservación (Figura IV.2). Las pérdidas de peso fueron superiores

en los gajos respecto de los frutos descascarados enteros, para todas las variedades. Por su parte, los frutos sin descascarar presentaron niveles de pérdidas de peso durante la conservación de $0,82 \pm 0,07$ y $0,71 \pm 0,05\%$ para naranjas ‘Cara cara’ y ‘Navelate’, respectivamente. En mandarinas y pomelos las pérdidas de peso de los frutos sin descascarar fueron de $1,05 \pm 0,09$ y $1,05 \pm 0,06\%$, respectivamente.



Figura IV.1. De izquierda a derecha, frutos descascarados sin segmentar (SC-E), segmentados en gajos (SC-G) y frutos sin descascarar (T: testigo) de naranjas cv. Cara cara.

Los niveles de pérdida de peso fueron superiores en los gajos que en los frutos descascarados que se encontraban sin desgajar (Figura IV.2), similar a lo observado por otros autores (Pretel et al., 1998; Agostini et al., 2013) debido a que aumenta el área de exposición del fruto al desgajar. Los niveles de pérdida de peso en naranjas enteras fueron de alrededor del 0,2%. Esta pérdida de peso, fue superior a la observada por otros autores en naranjas descascaradas enzimáticamente (Pretel et al., 1998), debido a que ese proceso evita algunos daños que se observan aquí al realizar el proceso de descascarado en forma manual.

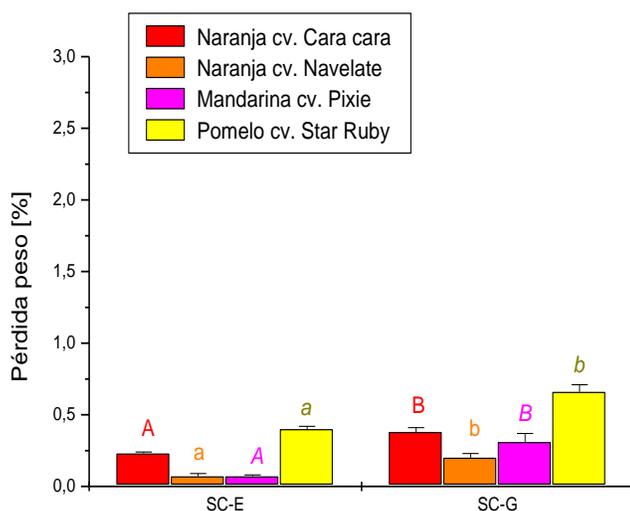


Figura IV.2. Pérdida de peso escurrido de naranjas cv. Cara cara y cv. Navelate, mandarinas cv. Pixie y pomelos cv. Star Ruby, descascarados enteros (SC-E) y desgajados (SC-G). Letras diferentes de un mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos (prueba t, $\alpha=0,05$).

IV.3.3. Calidad interna

Luego de 7 días a 2 °C, se observan que los frutos testigo de naranjas cv. ‘Cara cara’ y cv. ‘Navelate’, mandarinas cv. ‘Pixie’ y pomelos cv. ‘Star Ruby’ presentaron niveles similares a los iniciales en todos los parámetros de calidad interna evaluados (Tablas IV.1, IV.2, IV.3, IV.4 y IV.5). Una excepción de esto es la capacidad antioxidante para mandarinas cv. ‘Pixie’ y pomelos cv. ‘Star Ruby’ en el segundo año y también la acidez en el segundo año en pomelos, que mostró niveles en el testigo inferior a los valores iniciales.

IV.3.3.a. Naranja Cara cara

Los frutos de naranja cv. ‘Cara cara’, que presentaron niveles iniciales similares de sólidos solubles, de acidez y de capacidad antioxidante entre las dos campañas evaluadas (Tabla IV.1), presentaron diferencias en estos parámetros luego de la conservación para los distintos tipos de segmentación. Así, el contenido de sólidos solubles y la capacidad antioxidante fueron inferiores en los frutos descascarados enteros respecto del testigo, en el segundo año; mientras que en el primer año dichas diferencias no llegan a ser significativas (Tabla IV.2).

Tabla IV.2. Calidad interna de los frutos de naranja cv. Cara cara para los distintos tratamientos (SC-E: Sin cáscara, sin desgajar; SC-G: Sin cáscara, gajos; T: testigo sin descascarar) luego de 7 días a 2 °C.

Campaña	Tratamiento	SS [%]	AT [mgAC/100 mL]	Acetaldehído [ppm]	Etanol [ppm]	CAT [% Inh DPPH]
1º	SC - E	10,0 ± 0,5 a ¹	0,92 ± 0,13 B	28,3 ± 2,1 b	238 ± 26 A	62,0 ± 4,1 ab
	SC-G	9,6 ± 0,7 a	0,65 ± 0,04 A	19,3 ± 1,9 a	275 ± 29 A	55,3 ± 5,0 a
	T	10,1 ± 0,6 a	1,03 ± 0,10 B	16,0 ± 2,1 a	239 ± 35 A	69,4 ± 4,9 b
2º	SC - E	10,0 ± 0,4 A	0,99 ± 0,06 ab	10,1 ± 0,2 A	370 ± 37 b	53,6 ± 2,9 A
	SC-G	10,3 ± 0,2 AB	0,83 ± 0,06 a	9,5 ± 0,8 A	344 ± 8 b	51,4 ± 4,6 A
	T	10,9 ± 0,3 B	1,13 ± 0,08 b	9,0 ± 1,2 A	185 ± 19 a	65,6 ± 2,2 B

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

Los frutos segmentados en gajos, por su parte, presentaron niveles inferiores de acidez y de capacidad antioxidante, en ambos años, respecto del testigo (Tabla IV.2). Otros autores, no observaron pérdidas del contenido de sólidos solubles ni de acidez en segmentos de otras variedades de naranjas, porque las compararon con un nivel inicial de naranjas ya segmentadas (Del Caro et al., 2004), a diferencia de este ensayo que toma como valor inicial al fruto sin procesar.

En estudios previos con otro tipo de naranjas descascarada con método enzimático, se observó una reducción del contenido de sólidos solubles, para los frutos descascarados enteros o en gajos, sin diferencias entre ambos (Bello et al., 2009). Con respecto a la acidez, en ese caso se observó un nivel inferior al testigo sólo en los gajos (Bello et al., 2009).

Los niveles de capacidad antioxidante observados al inicio (Tabla IV.1), fueron similares a los observados por otros autores para naranjas Shamouti (Del Caro et al., 2004), y superior a lo observado en naranjas Hamlin (Xu et al., 2008) y Salustiana (Del Caro et al., 2004). Sin embargo, la disminución observada en los gajos luego de la conservación (Tabla IV.2) es mayor en este

ensayo a las referencias previas para otras variedades (Del Caro et al., 2004), que utilizaron como valor inicial al fruto inmediatamente luego de procesar.

El contenido inicial de volátiles, presentó diferencias significativas entre ambos años, siendo superior el contenido de acetaldehído y de etanol en el primer año (Tabla IV.1). Luego de la conservación sólo se observaron diferencias por el método de segmentación en el contenido de acetaldehído de los frutos descascarados enteros que fue superior a los otros tratamientos en el primer año (Tabla IV.2).

En cambio, en el contenido de etanol no se observaron diferencias en el primer año que presentaba niveles iniciales más elevados, probablemente debido a la variabilidad entre las distintas muestras. Mientras que en el segundo año ambos tratamientos descascarados presentaros niveles de volátiles superiores al testigo, sin diferencias entre ambos (Tabla IV.2), similar a lo observado en el contenido de etanol en ensayos previos con otra variedad (Bello et al., 2009). En estos estudios previos, las naranjas procesadas y almacenadas a 5°C alcanzaron niveles de etanol superiores a los observados en este ensayo, pero en ningún caso se llegó a los umbrales de sabores desagradables (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009).

IV.3.3.b. Naranja Navelate

En naranjas cv. ‘Navelate’ el contenido de sólidos solubles inicial fue superior en el primer año, respecto del segundo (Tabla IV.1). Sin embargo, ninguno de los tratamientos presentó diferencias con el testigo luego de la conservación en ambos años (Tabla IV.3). La acidez, por su parte, fue similar en su nivel inicial para ambos años (Tabla IV.1), y al final de la conservación sólo fue inferior para los gajos en el segundo año (Tabla IV.3).

Estos resultados concuerdan con lo observado para naranjas ‘Cara cara’ donde las diferencias no alcanzan a ser significativas como el contenido de sólidos solubles y la acidez en el caso de los frutos enteros (Tabla IV.2), similar a lo observado en la acidez para otras naranjas previamente (Bello et al., 2009). Sin embargo, en el caso de los gajos, las diferencias en naranja ‘Cara cara’ son más claras, disminuyendo la acidez respecto del testigo para ambos años (Tabla IV.2), similar a lo observado en otras naranjas previamente (Bello et al., 2009).

Tabla IV.3. Calidad interna de los frutos de naranja cv. Navelate para los distintos tratamientos (SC-E: Sin cáscara, sin desgajar; SC-G: Sin cáscara, gajos; T: testigo sin descascarar) luego de 7 días a 2 °C.

<i>Campaña</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
1º	SC - Entero	12,3 ± 0,4 a ¹	0,95 ± 0,13 A	15,1 ± 3,4 a	195 ± 32 A	56,6 ± 5,4 a
	SC-G	12,2 ± 0,1 a	0,71 ± 0,13 A	16,5 ± 1,8 a	251 ± 15 B	51,9 ± 0,9 a
	T	12,6 ± 0,4 a	0,95 ± 0,15 A	16,1 ± 1,8 a	161 ± 7 A	70,4 ± 5,4 b
2º	SC - Entero	11,0 ± 0,6 A	0,82 ± 0,06 ab	31,7 ± 1,9 B	127 ± 12 a	55,3 ± 1,2 B
	SC-G	10,3 ± 0,4 A	0,71 ± 0,03 a	16,2 ± 0,6 A	383 ± 36 b	44,3 ± 0,5 A
	T	11,3 ± 0,4 A	0,89 ± 0,10 b	13,7 ± 1,2 A	97 ± 17 a	68,6 ± 1,6 C

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

Como ya se mencionó, otros autores no observaron pérdidas en sólidos solubles y acidez con el tiempo de conservación, con otra variedades de naranja, ya segmentada (Del Caro et al., 2004), mostrando en este ensayo un efecto de todo el proceso de descascarado y segmentación, además de la conservación.

Los niveles de capacidad antioxidante iniciales en naranjas ‘Navelate’ fueron similares en los dos años (Tabla IV.1). Al final de la conservación se observó un nivel inferior de esta variable para ambos tratamientos con descascarado, siendo en el segundo año, además, inferior el nivel de capacidad antioxidante de gajos respecto de frutos descascarados enteros (Tabla IV.3). Los niveles iniciales en algunos casos son superiores a los observados para otras variedades (Xu et al., 2008), y la disminución más pronunciada de este ensayo respecto de otros autores (Del Caro et al., 2004) puede deberse a que aquí se incluye el proceso de descascarado y segmentación además de la conservación.

Los niveles de acetaldehído fueron similares en los dos años, mientras el nivel de etanol fue superior en el primer año (Tabla IV.1). Luego de la conservación, comparando ambos tratamientos descascarados se observaron diferencias sólo en el contenido de etanol que fue superior para los gajos en los dos años, mientras que el acetaldehído fue superior para los frutos descascarados enteros, sólo en el segundo año (Tabla IV.3).

En esta variedad, el aumento de etanol provocado por el descascarado y segmentación fue más pronunciado que para naranjas ‘Cara cara’ (Tabla IV.2), especialmente en el segundo año (Tabla IV.3), aunque con niveles máximos similares. En otras naranjas, tampoco se observaron diferencias en el contenido de acetaldehído, mientras que el etanol aumentó sin diferencias entre frutos descascarados enteros o en gajos (Bello et al., 2009). Estos datos previos mostraron niveles superiores de etanol, respecto a los observados en naranjas Navel descascaradas en este ensayo, pero sin alcanzar niveles peligrosos para generar sabores desagradables (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009).

Sin embargo, los niveles de etanol más elevados alcanzados son similares en ambos, sin alcanzar niveles peligrosos para generar sabores extraños (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009).

IV.3.3.c. Mandarina Pixie

En mandarinas cv. ‘Pixie’, los niveles iniciales de sólidos solubles fueron similares entre ambos años (Tabla IV.1) y no se observaron diferencias en este parámetro provocada por los tratamientos evaluados (Tabla IV.4), que sí se observó en conservaciones a 5°C en frutos descascarados con método enzimático (Bello et al., 2008). Entre frutos descascarados, no se observaron diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles (Tabla IV.4), similar a resultados previos con esta variedad (Bello et al., 2008).

La acidez, por su parte fue superior en los niveles iniciales del segundo año respecto del primero (Tabla IV.1), y luego de la conservación fue inferior para ambos tratamientos respecto del testigo para ambos años (Tabla IV.4), similar a lo observado en estudios previos a temperaturas más elevadas (Bello et al., 2008). Entre frutos descascarados, no se observaron diferencias significativas en el contenido de acidez (Tabla IV.4), similar a resultados previos con esta variedad (Bello et al., 2008).

En otras variedades de mandarinas, Del Caro et al. (2004) observaron aumento en el contenido de sólidos solubles durante la conservación a 4°C, sin modificaciones en el contenido de acidez. Mientras que estos mismos autores, para gajos de híbridos no encontraron modificaciones en la acidez y disminución en el contenido de sólidos solubles. Sin embargo, estas comparaciones mencionadas son respecto de un nivel inicial de frutos ya segmentadas (Del Caro et al., 2004), a diferencia de este ensayo que toma como valor inicial al fruto sin procesar y considera el efecto acumulado del descascarado, segmentación y conservación, que aquí se manifiesta con una disminución en el contenido de acidez (Tabla IV.4).

La capacidad antioxidante total de los frutos al inicio del segundo año fue superior a la del primer año (Tabla IV.1). Estos niveles fueron inferiores a los mencionados en gajos de otras variedades de mandarinas o de híbridos (Del Caro et al., 2004; Xu et al., 2008), pero similares a los observados por Shen et al. (2013) en Satsuma.

Luego de la conservación, la capacidad antioxidante presentó niveles inferiores para ambos tratamientos respecto del testigo en ambos años (Tabla IV.4). Sólo hubo diferencias entre frutos descascarados para este parámetro, con niveles inferior en los gajos respecto de frutos enteros para el primer año, sin llegar a ser significativa la diferencia en el segundo año (Tabla IV.4).

La disminución observada, en el segundo año es similar a lo mencionado por otros autores para híbrido durante la conservación (Del Caro et al., 2004); sin embargo, esta disminución es mayor en los gajos para el primer año (Tabla IV.4), tal como se mencionó previamente para naranjas. Hay que considerar que aquí se considera el efecto tanto del descascarado y la segmentación, como de la conservación, a diferencia de otros autores que comparan los frutos ya descascarados y segmentados durante la conservación (Del Caro et al., 2004).

Tabla IV.4. Calidad interna de los frutos de mandarina cv. Pixie para los distintos tratamientos (SC-E: Sin cáscara, sin desgajar; SC-G: Sin cáscara, gajos; T: testigo sin descascarar) luego de 7 días a 2 °C.

<i>Campaña</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
1º	SC - Entero	11,3 ± 0,3 a ¹	0,55 ± 0,01 A	15,4 ± 0,8 b	665 ± 33 B	16,2 ± 0,5 b
	SC-G	11,5 ± 0,4 a	0,52 ± 0,01 A	16,2 ± 0,6 b	659 ± 16 B	12,4 ± 0,9 a
	T	12,1 ± 0,3 a	0,64 ± 0,02 B	10,5 ± 0,4 a	301 ± 23 A	23,9 ± 0,6 c
2º	SC - Entero	11,7 ± 0,1 A	0,72 ± 0,03 a	38,9 ± 5,4 B	657 ± 45 b	20,1 ± 2,7 A
	SC-G	11,6 ± 0,5 A	0,79 ± 0,08 a	36,0 ± 7,1 B	651 ± 33 b	20,1 ± 1,5 A
	T	11,7 ± 0,4 A	0,97 ± 0,02 b	18,0 ± 5,0 A	298 ± 8 a	25,0 ± 0,5 B

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

El contenido de volátiles inicial presentó niveles similares de etanol para ambos años, mientras que el acetaldehído fue superior en el segundo año (Tabla IV.1). Al finalizar la conservación, ambos compuestos volátiles presentaron niveles superiores al testigo para los dos tratamientos en ambos años (Tabla IV.4).

Este aumento de volátiles coincide con lo observado previamente a mayores temperaturas (Bello et al., 2008) y en ambos casos, no se observaron diferencias significativas en el contenido de volátiles entre frutos descascarados enteros o en gajos (Tabla IV.4). Los niveles máximos de etanol alcanzados en este ensayo fueron inferiores a los obtenidos previamente en conservaciones a mayores temperaturas (Bello et al., 2008).

El contenido de volátiles obtenido en mandarinas descascaradas (Tabla IV.4) observadas en este ensayo fue superior al alcanzado en naranjas (Tablas 2 y 3), sin embargo no alcanzan a los niveles causar sabores desagradables en los frutos (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009).

IV.3.3.d. Pomelo Star Ruby

En pomelos cv. 'Star Ruby', el contenido de sólidos solubles inicial fue superior en el segundo año (Tabla IV.1). Luego de la conservación, no se observaron diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles de los tratamientos en el primer año, mientras que en el segundo los frutos descascarados enteros presentaron niveles superiores al testigo (Tabla IV.5).

Los gajos de pomelo presentaron un comportamiento general similar a lo mencionado previamente en naranjas y mandarinas, sin mayores modificaciones en el contenido de sólidos solubles. Este comportamiento coincide con lo observado en otras especies y variedades cítricas (Del Caro et al., 2004).

La acidez de los pomelos al inicio del ensayo fue superior en el segundo año respecto del primero (Tabla IV.1). Luego de la conservación, se observó una acidez inferior en los gajos respecto del testigo, mientras que los frutos descascarados enteros mostraron niveles de este parámetro que no alcanzaron a ser significativamente inferiores al testigo (Tabla IV.5).

Tabla IV.5. Calidad interna de los frutos de pomelo cv. Star Ruby para los distintos tratamientos (SC-E: Sin cáscara, sin desgajar; SC-G: Sin cáscara, gajos; T: testigo sin descascarar) luego de 7 días a 2 °C.

<i>Campaña</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
1º	SC - Entero	10,4 ± 0,6 a ¹	1,76 ± 0,19 AB	31,3 ± 2,2 b	474 ± 30 B	55,5 ± 1,2 a
	SC-G	10,6 ± 0,2 a	1,72 ± 0,15 A	52,1 ± 0,7 c	529 ± 48 B	54,1 ± 0,9 a
	T	10,8 ± 0,1 a	2,12 ± 0,07 B	24,1 ± 4,1 a	178 ± 15 A	59,4 ± 1,3 b
2º	SC - Entero	12,0 ± 0,2 B	2,35 ± 0,07 ab	33,7 ± 1,3 B	598 ± 122 b	50,3 ± 0,7 A
	SC-G	11,8 ± 0,3 AB	2,24 ± 0,08 a	35,5 ± 4,4 B	679 ± 100 b	49,4 ± 1,4 A
	T	11,4 ± 0,2 A	2,45 ± 0,05 b	16,3 ± 3,2 A	222 ± 45 a	49,7 ± 1,2 A

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

Previamente en naranjas y mandarinas, los gajos también presentaron niveles inferiores de acidez respecto del testigo (Tablas IV.2, IV.3 y IV.4). Por su parte, los frutos descascarados enteros también presentaron niveles inferiores al testigo en mandarinas (Tabla IV.4), mientras que en naranjas (Tablas IV.2 y IV.3), al igual que lo observado en pomelos no alcanzó a ser significativa la diferencia (Tabla IV.5).

La capacidad antioxidante inicial fue superior en el primer año (Tabla IV.1), con niveles observados superiores a los informados en otras variedades de pomelo (Xu et al., 2008) y similar a lo observado en jugo de pomelos rojos (Del Caro et al., 2004). Luego de la conservación, ambos tratamientos mostraron niveles inferiores de capacidad antioxidante que el testigo en el primer año, mientras que en el segundo año no se observaron diferencias en capacidad antioxidante entre los tratamientos y el testigo (Tabla IV.5).

Entre frutos descascarados no se observaron diferencias en capacidad antioxidante entre tratamientos (Tabla IV.5), similar a lo observado en naranjas ‘Cara cara’ y ‘Navelate’ en el primer año (Tablas IV.2 y IV.3) y en mandarinas ‘Pixie’ para el primer año (Tabla IV.4). En ‘Navelate’ para el segundo año (Tabla IV.3) y ‘Pixie’ para el primero (Tabla IV.4), el nivel de capacidad antioxidante fue inferior para los gajos respecto de los frutos enteros.

El contenido de acetaldehído inicial fue superior en el primer año, mientras que el contenido de etanol inicial fue superior en el segundo (Tabla IV.1). El nivel de volátiles alcanzado luego de la conservación fue superior al testigo en ambos tratamientos.

No se observaron diferencias en el contenido de volátiles entre ambos tratamientos de frutos descascarados, a excepción del nivel de acetaldehído en el primer año, que fue superior en los gajos respecto de los frutos descascarados enteros (Tabla IV.5). En ambos casos no se alcanzaron niveles peligrosos de detectar sabores extraños (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009), con niveles finales superiores a las naranjas (Tablas IV.2 y IV.3) pero inferiores al de las mandarinas (Tabla IV.4).

IV.3.4. Pérdida de calidad interna

En el análisis de la varianza multifactorial se pudo observar que tanto el tipo de fruta como la segmentación fueron significativos para la pérdida de calidad en todos los parámetros evaluados (Tabla IV.6). Sin embargo, observándolos para cada una de las variedades (Figuras IV.3 a IV.6), la pérdida de sólidos solubles sólo fue mayor al testigo en gajos para naranjas cv. ‘Navelate’ (Figura IV.4), sin diferencias en las otras variedades. De forma similar otros autores no reportaron diferencias en sólidos solubles entre frutos descascarados enteros y segmentados en gajos (Pretel et al., 1998; Agostini et al., 2013).

La pérdida de acidez observada fue superior en los frutos de naranja descascarados y segmentados en gajos respecto de los frutos descascarados enteros y del testigo (Figuras IV.3 y IV.4). En mandarinas y pomelos (Figuras IV.5 y IV.6), tanto los frutos descascarados enteros como los segmentados en gajos presentaron mayores pérdidas de acidez que el testigo sin diferencias entre ambos.

Según lo observado por otros autores, esta reducción en la acidez se debe al mayor consumo de ácidos orgánicos cuando aumenta la actividad metabólica de los frutos, lo que se debe al daño mecánico que sufren durante el procesado. Se ha observado para naranjas sometidas a tratamiento hidrotérmico de descascarado, una disminución de la acidez, aunque sin diferencias por el método de segmentación (Agostini et al., 2013).

Tabla IV.6. Análisis de la varianza de pérdida de parámetros de calidad interna en naranjas cv. Cara cara y cv. Navelate, mandarinas cv. Pixie y pomelos cv. Star Ruby descascarados enteros, en gajos o testigo sin descascarar.

	GI	PSS	PAT	AAc	AEt	PCAT
EFFECTOS PRINCIPALES						
A:Fruta	3	54,5 ^a ***	21,2***	9,9***	11,6***	32,5***
B:Segmentación	2	13,3 **	56,1***	56,2***	64,0***	50,7**
INTERACCIÓN						
AB	6	9,9 NS	11,4 **	27,5***	21,7***	13,0***
RESIDUOS	24	22,4	11,3	6,3	2,7	3,9
TOTAL						
(CORREGIDO)	35	512	4075	65602	215006	5845

^a Porcentaje de la suma de cuadrados

NS: no significativo. *, **, *** significativo para $P \leq 0,05$; 0,01 y 0,001, respectivamente.

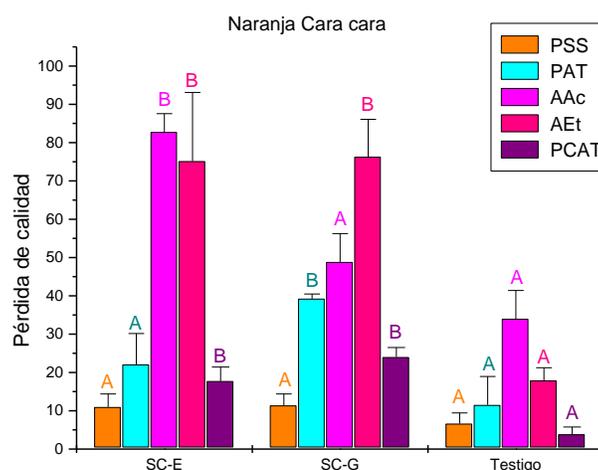


Figura IV.3. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) de los frutos descascarados enteros y en gajos y los frutos testigo de naranjas cv. Cara cara (promedios y desviación estándar). Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

La pérdida de capacidad antioxidante fue superior en los frutos descascarados enteros y en los segmentados respecto del testigo, sin diferencias entre ambos, para naranjas cv. ‘Cara cara’ y mandarinas cv. ‘Pixie’ (Figuras IV.3 y IV.5). En pomelos sólo es mayor al testigo, la pérdida de capacidad antioxidante de los gajos (Figura IV.6). En naranjas cv. ‘Navelate’ es mayor la pérdida de capacidad antioxidante de los tratamientos respecto del testigo, pero a su vez los gajos presentaron mayores pérdidas que los frutos descascarados enteros (Figura IV.4).

Esta reducción de la capacidad antioxidante puede estar relacionada con pérdidas en el contenido de ácido ascórbico por la oxidación que reportaron otros autores (Agostini et al.,

2013), ya que este compuesto es el responsable mayoritario de la capacidad antioxidante de los frutos cítricos (Gardner et al., 2000; Shen et al., 2013).

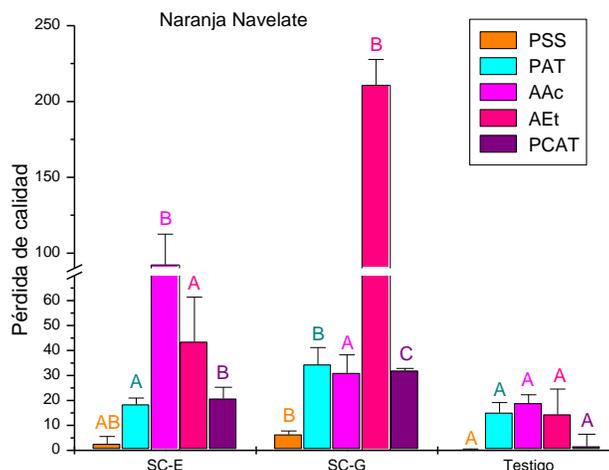


Figura IV.4. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) de los frutos descascarados enteros y en gajos y los frutos testigo de naranjas cv. Navelate. Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

El contenido de acetaldehído fue superior al testigo sólo en los frutos descascarados enteros para naranjas (Figuras IV.3 y IV.4). Por su parte, en mandarinas y pomelos el nivel de acetaldehído fue superior al testigo en ambos tratamientos descascarados (Figuras IV.5 y IV.6).

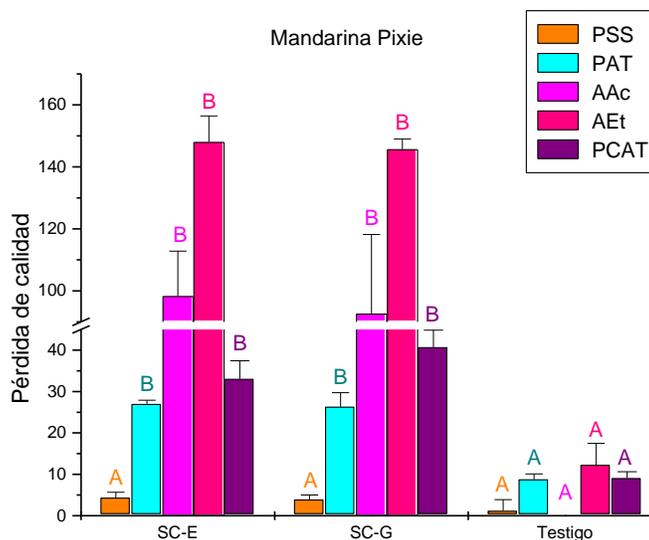


Figura IV.5. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) de los frutos descascarados enteros y en gajos y los frutos testigo de mandarinas cv. Pixie. Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

El contenido de etanol fue superior en los gajos respecto de los otros tratamientos para naranjas cv. 'Navelate' (Figura IV.4) similar a lo observado por otros autores en naranjas (Pretel et al., 1998), y fue superior en ambos tratamientos descascarados para naranjas cv. 'Cara cara' (Figura IV.3), mandarinas (Figura IV.5) y pomelos (Figura IV.6). Los niveles superiores de volátiles observados, especialmente en los gajos, son el resultado de la mayor actividad fisiológica provocada por el estrés que sufren los frutos en el proceso de descascarado y segmentación (Pretel et al., 1998; Arruda et al., 2008b).

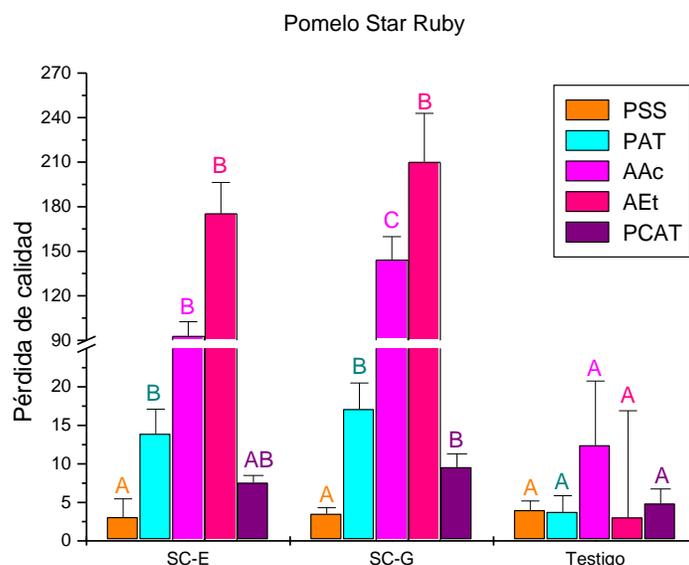


Figura IV.6. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) de los frutos descascarados enteros y en gajos y los frutos testigo de pomelos cv. Star Ruby. Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

IV.3.5. Análisis multivariado de las pérdidas de calidad interna

En el análisis anterior se observó una pérdida de calidad por el procesamiento mínimo para las distintas variedades (Figuras IV.3 a IV.6), sin embargo en algunos aspectos esta pérdida es mayor para frutos en gajos y en otros no hay diferencias. Analizando estas pérdidas en forma general mediante análisis de componentes principales de las variables para cada variedad se pudo observar que se concentra un 79% de la variabilidad en las dos primeras componentes (Tabla IV.7).

Agrupando los frutos por especie cítrica (naranjas, mandarinas y pomelos), este análisis de componentes principales concentra un 85% de la variabilidad en las dos primeras componentes, con un 59% para la componente principal 1 (Tabla IV.8).

Así, para este análisis puede observarse las variables individuales y su proyección sobre la CP1, mostrando que la misma aumenta de izquierda a derecha, es decir en el mismo sentido en el que aumenta la CP1 que representa un 60% de la variabilidad del sistema (Figura IV.7). Con

respecto a la proyección de las variables sobre la CP2, se observa que los volátiles aumentan en el mismo sentido que la CP2 que representa un 26% de la variabilidad del sistema, mientras que las pérdidas de sólidos solubles, acidez y capacidad antioxidante lo hacen el sentido inverso (Figura IV.7).

Tabla IV.7. Autovalores y proporción del análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad para cada variedad.

<i>Lambda</i>	<i>Valor</i>	<i>Proporción</i>	<i>Prop. Acum</i>
1	2,7	0,54	0,54
2	1,23	0,25	0,79
3	0,62	0,12	0,91
4	0,31	0,06	0,97
5	0,14	0,03	1

Tabla IV.8. Autovalores y proporción del análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad para cada especie cítrica.

<i>Lambda</i>	<i>Valor</i>	<i>Proporción</i>	<i>Prop. Acum</i>
1	2,97	0,59	0,59
2	1,3	0,26	0,85
3	0,51	0,1	0,96
4	0,17	0,03	0,99
5	0,05	1,00E-02	1

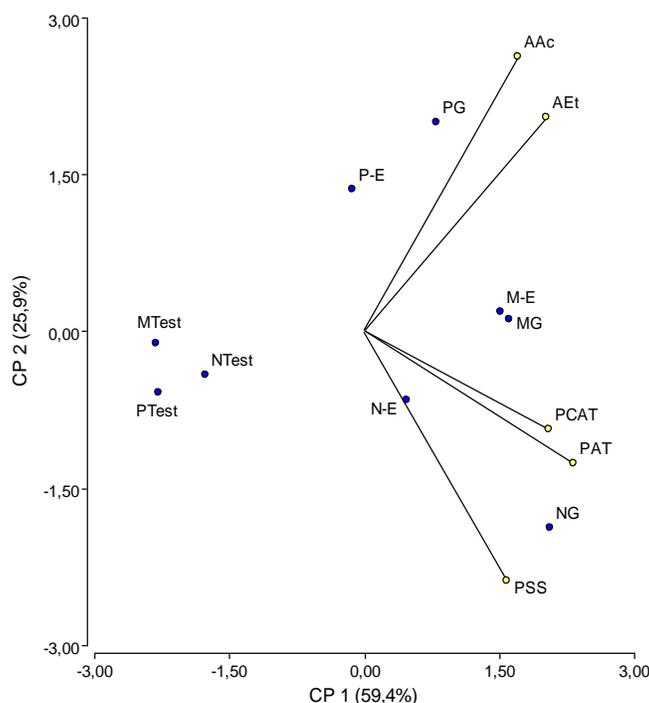


Figura IV.7. Análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad para cada especie cítrica para frutos descascarados enteros y en gajos y frutos sin procesar (Testigo).

También pudo observarse que las variables que más afectan a esa pérdida de calidad en la CP1 es la pérdida de acidez, seguida por la pérdida de capacidad antioxidante y por el aumento de etanol (Figura IV.7). Esto puede verificarse en los autovectores determinados por este análisis (Tabla IV.9).

Tabla IV.9. Autovectores correspondiente a la componente principal 1 (e1) y componente principal 2 (e2) para el Análisis de Componentes Principales para las pérdidas de calidad de cada especie cítrica.

Variables	e1	e2
PCAT	0,81	-0,24
PSS	0,62	-0,62
PAT	0,92	-0,33
AAc	0,67	0,68
AEt	0,8	0,53

Con respecto a los tratamientos individuales se ve claramente que los frutos testigo de las tres especies cítricas evaluadas se encuentran en los niveles mínimos de pérdida de calidad proyectados en la CP1. Se observa, a su vez, que para naranjas y para pomelos, los gajos presentaron una mayor pérdida de calidad que los frutos descascarados enteros, mientras que en mandarinas son muy similares los resultados en ambos (Figura IV.7).

La pérdida de calidad en pomelos estuvo condicionada por el aumento de volátiles, mostrando las mayores diferencias entre tratamientos en el sentido del aumento de acetaldehído y etanol (Figura IV.7). Por su parte, en naranjas la pérdida de acidez y capacidad antioxidante fueron las variables que más afectaron la pérdida de calidad (Figura IV.7).

IV.4. CONCLUSIÓN

La segmentación provocó mayor pérdida de peso por parte de los gajos, respecto de los frutos descascarados enteros para todas las especies evaluadas. Este efecto se debe principalmente al aumento del área de intercambio de humedad al exponer más superficie del fruto en un gajo que en un fruto descascarado entero.

Respecto de las pérdidas de calidad interna, la segmentación las acentuó, especialmente gajos de naranjas y pomelos. En naranjas cv. ‘Cara cara’, los gajos presentaron mayor pérdida de acidez; mientras que en naranjas cv. ‘Navelate’, también presentaron mayores pérdidas de capacidad antioxidante, de SS y de AT además de aumento de volátiles. En pomelos cv. ‘Star Ruby’, hay una mayor pérdida de CAT en los gajos, junto con aumento de acetaldehído.

Así, el proceso conjunto de descascarado y desgajado ha provocado una acentuada pérdida de capacidad antioxidante en naranjas y pomelos, en algunos casos, acompañada por pérdidas de acidez y aumento en el nivel de volátiles.

En mandarinas, por su parte, los efectos de pérdida de calidad interna son similares para frutos descascarados enteros que desgajados, probablemente esta diferencia se debe a que las mandarinas son más fáciles de desgajar y el proceso no genera daños que alteren la integridad del fruto como en naranjas y pomelos.

El análisis multivariado aplicado para evaluar el efecto de la segmentación sobre la calidad interna de forma general, mostró que la componente principal 1 representaba un 60% de la variabilidad, dando una visión de la pérdida mayoritaria de la calidad. En este caso, la variable más influente fue la pérdida de acidez, seguida por la pérdida de capacidad antioxidante y por el aumento de etanol, con niveles mínimos para frutos testigo sin procesar.

En este análisis se observó que en mandarinas, los niveles de pérdida de calidad de gajos o de frutos enteros descascarados son similares. Por otro lado, en naranjas y pomelos, los gajos presentaron mayor pérdida de calidad que los frutos descascarados sin desgajar. Además, en los gajos de pomelo se observó una influencia del aumento de volátiles en su pérdida de calidad, probablemente como respuesta al estrés del daño mecánico del gajo.

CAPÍTULO V

**Envasado en distintas atmósferas modificadas
de mandarinas, naranjas y pomelos
procesados frescos para disminuir sus
pérdidas de calidad durante la conservación**

V.1. INTRODUCCIÓN

El envasado en las frutas mínimamente procesadas cumple el rol de proteger al producto de la deshidratación y la contaminación durante su conservación (Pretel et al., 1998; Palharini, et al., 2012). Además, la atmósfera interna del envase contribuye a extender la vida útil en muchos alimentos (Pretel et al., 1998; Del Valle et al., 2009).

En frutas mínimamente procesadas, la atmósfera modificada se puede obtener de forma pasiva, como resultado de la respiración del producto, o bien de forma activa, como resultado de la inyección de gases de composición específica en el momento del envasado (Arruda, et al., 2011; Palharini, et al., 2012).

La composición de gases adecuada para el envasado en atmósfera modificada de productos mínimamente procesados se encuentra entre 3 y 8% de O₂ y entre 5 y 15% de CO₂, aunque hay una atmósfera específica que maximiza la vida útil de cada producto (Palharini, et al., 2012). En el envase en atmósfera modificada pasiva, se establece un equilibrio (atmósfera modificada de equilibrio) entre la tasa de consumo de O₂ y producción de CO₂ por respiración del producto y la permeabilidad del material de envase a ambos gases (Del Valle et al., 2009). Las concentraciones de los gases en el equilibrio, que dependen factores propios del producto envasado (peso, tasa respiratoria, temperatura) y del envase (área de intercambio, permeabilidad, etc.) son críticas para la calidad del producto (Del Valle et al., 2009).

Hay referencias de evaluación de niveles de 5% de O₂ en atmósfera modificada activa y pasiva, con distintas temperaturas, para naranjas mínimamente procesadas, sin encontrar diferencias en el desarrollo microbiano, el que mencionan está más condicionado por las características propias de las naranjas y por las buenas prácticas de higiene durante el proceso (Arruda, et al., 2011).

Sin embargo, si se disminuye el nivel de oxígeno en la atmósfera, se puede inducir fermentación en los frutos cítricos, desarrollando malos sabores por la generación de volátiles (Pretel et al., 1998). Por ello, se han evaluado materiales de envase con alta permeabilidad a los gases de respiración, obteniéndose mejores resultados que en los de menor permeabilidad (Pretel et al., 1998). En otros estudios, se han incorporado perforaciones para facilitar el intercambio gaseoso e impedir condiciones de anaerobiosis (Del Valle et al., 2009; Rennie y Tavoularis, 2009). A su vez, se mencionó que el incremento en el número de poros resulta en un aumento en la salida del etanol del envase y la reducción de este compuesto en la atmósfera interna del envase, lo que provocó un gradiente que permite la liberación de etanol de los gajos de cítricos envasados (Del Valle et al., 2009).

Sin embargo, las perforaciones, pueden aumentar la deshidratación del producto y al mantener elevado el nivel de oxígeno interno, podría afectarse la capacidad antioxidante de los

frutos, ya que el ácido ascórbico mostró una reducción en el caso de niveles de oxígeno superatmosférico (Sosa et al., 2012).

Es por ello que el objetivo de este capítulo fue evaluar el efecto de diferentes envasados en atmósfera modificada sobre la pérdida de peso y la calidad interna de gajos de naranjas (pigmentadas y no pigmentadas), mandarinas y pomelos pigmentados para determinar aquellas que minimicen las pérdidas de la calidad de fruta fresca limitando su vida útil.

V.2. MATERIALES Y MÉTODOS

V.2.a) Material biológico

Se cosecharon frutos de naranjas (*Citrus sinensis* L. Osbeck cv. 'Cara cara' y 'Navelate'), mandarinas (*Citrus reticulata* var. 'Pixie') y pomelos (*Citrus paradisi* var. 'Star Ruby') de tamaño y color homogéneos en estado de madurez comercial (IASCAV, 1993) de lotes de Estación Experimental Agropecuaria Concordia del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina), durante 2 campañas. En total para cada variedad se cosecharon unos 50 frutos, que luego se distribuyeron aleatoriamente para los distintos tratamientos.

V.2.b) Proceso

Dentro de las 24 h de cosechados los frutos lavados en línea de empaque experimental y desinfectados con solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio, previo al procesamiento que consistió en descascarado manual, para evitar diferencias entre especies en cambios de calidad y posterior segmentación en gajos como forma de presentación unificada.

A continuación, los frutos fueron envasados (276±36, 342±38, 215±15 y 367±76 g de naranjas 'Cara cara' y 'Navelate', mandarinas 'Pixie' y pomelos 'Star Ruby', respectivamente) bandejas de poliestireno (Cotnyl) de 600 mL de capacidad cubiertas con film de poliolefina semipermeable (Cryovac D955) de 15 µm de espesor, utilizando distintas atmósferas de envasado y conservándolos a 2 °C durante 7 días, al finalizar los mismos se realizaron los análisis de calidad.

- Envase en atmósfera modificada activa (**EAM-Act**): inyección de una mezcla con (5% de O₂ +10%CO₂+85%N₂) al momento del envase y termosellado del film.

- Envase en atmósfera modificada pasiva (**EAM-Pas**): envase en film semipermeable en el que la atmósfera se desarrolla por la permeabilidad del film al CO₂ y O₂ y por la respiración de los gajos.

- Envase microperforado (**Micr**): envase en film semipermeable (Cryovac D955, de 15 µm de espesor) con 16 perforaciones de 250 µm de diámetro separadas 1 cm en la zona central del envase, presentando un 0,015% de área perforada.

De todos los envases se evaluó la concentración de O₂ y CO₂ mediante cromatografía gaseosa al final de la conservación (7 días a 2 °C), mostrando los niveles presentados en la tabla V.1. Para ello se tomó una muestra de la atmósfera de cada envase de 1 mL que se inyectó en un cromatógrafo de gases (Modelo GC17A, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón), equipado con

detector de conductividad térmica (GC-TCD) y una columna (Carboxen 1010 Plot, Supelco, Bellefonte, EEUU) de 30 m de longitud y 0,53 mm de diámetro interno. Las condiciones del GC fueron: horno a 35 °C, puerto de inyección a 200 °C con una relación split de 3, detector a 200 °C y flujo de Helio a 20 mL/min como gas carrier. Se empleó el siguiente programa de temperaturas durante el análisis cromatográfico: temperatura inicial de 35 °C durante 6.5 min, luego la temperatura se incrementó a 40 °C por minuto hasta 200 °C. Se realizó una calibración previa mediante la inyección de cantidades conocidas de nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono.

Tabla V.1. Composición gaseosa de la atmósfera de los distintos tratamientos luego de 7 días a 2 °C.

Variedad	Tratamiento	O₂ [%]	CO₂ [%]
N. Cara cara	EAM-Act	3,6 ± 0,3	8,2 ± 0,7
	EAM-Pas	6,7 ± 0,5	5,1 ± 0,4
	Micr	15,0 ± 1,2	7,1 ± 0,6
N. Navelate	EAM-Act	3,7 ± 0,3	8,4 ± 0,7
	EAM-Pas	8,7 ± 0,7	5,5 ± 0,4
	Micr	16,7 ± 1,3	6,0 ± 0,5
M. Pixie	EAM-Act	3,2 ± 0,5	7,8 ± 1,1
	EAM-Pas	6,0 ± 0,9	6,4 ± 0,9
	Micr	13,6 ± 2,0	8,3 ± 1,2
P. Star Ruby	EAM-Act	3,6 ± 0,4	8,3 ± 0,9
	EAM-Pas	6,6 ± 0,7	5,0 ± 0,6
	Micr	17,5 ± 2,0	5,1 ± 0,6

V.2.c) Variables evaluadas

V.2.c.1) Pérdida de peso. Se evaluó la pérdida de peso de los gajos desde el momento de envasado hasta el final de la conservación, expresado en forma porcentual.

V.2.c.2) Calidad interna. Se evaluaron los siguientes parámetros de calidad interna de la forma descrita en el capítulo II sobre el jugo filtrado, extraído de los gajos de cada tratamiento y repetición:

- Contenido de sólidos solubles (**SS**)
- Acidez titulable (**AT**)
- Contenido de sustancias volátiles (Acetaldehído y Etanol)
- Capacidad antioxidante total (**CAT**)

V.2.c.3) Pérdida de calidad interna. Al igual que en el capítulo II, se evaluó la variación de la calidad respecto de la fruta recién cosechada (valores iniciales) y se expresó como pérdida de sólidos solubles (PSS), de acidez (PAT) y de capacidad antioxidante (PCAT) y como aumento de acetaldehído (AAc) y de etanol (AEt).

V.2.d) Análisis estadístico

El ensayo tuvo un diseño completamente aleatorizado con arreglo unifactorial comparando los tres tipos de envasado y fue sujeto a análisis de la varianza usando Statgraphics Plus (Versión 5.1). Se evaluó la calidad interna inicial mediante análisis de la varianza (ANOVA) unifactorial de los parámetros de calidad y separación de medias mediante prueba t ($\alpha \leq 0,05$). La pérdida de parámetros de calidad se evaluó mediante ANOVA multifactorial y separación de medias mediante test de Tukey, con un nivel de confianza del 95%.

La pérdida de calidad interna se evaluó mediante análisis multivariado de las pérdidas de cada parámetro individual en las distintas variedades, aplicando un análisis de componentes principales.

V.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V.3.1. Calidad inicial

La calidad inicial de los frutos mostró que presentaban los índices de madurez (SS/AT) superiores a los mínimos requeridos para su consumo en fresco, aunque en el caso de mandarina 'Pixie' del primer año el estado de madurez estaba muy avanzado (Tabla V.2). Los pomelos utilizados en este ensayo se encontraban en sus estados de madurez menos avanzados a pesar de estar bajos los límites para su comercialización como fruta fresca (IASCAV, 1993).

Tabla V.2. Calidad interna inicial de los frutos de las distintas variedades para las 2 campañas evaluadas.

Variedad	Año	SS [%]	AT [mg AC/ 100 mL]	SS/AT	Acetaldehído [ppm]	Etanol [ppm]	CAT	
							[% Inh DPPH]	[mM TEAC]
N. Cara cara	1º	11,1 ± 0,4 a ¹	1,22 ± 0,05 A	9,1	16,9 ± 1,8 b	213 ± 14 B	71,5 ± 3,3 a	4,78 ± 0,22
	2º	11,4 ± 0,2 a	1,23 ± 0,12 A	9,3	9,9 ± 0,7 a	128 ± 8 A	68,9 ± 2,3 a	4,60 ± 0,15
N. Navelate	1º	12,8 ± 0,2 B	1,24 ± 0,09 a	10,4	16,7 ± 1,9 A	197 ± 23 b	72,0 ± 6,2 B	4,81 ± 0,41
	2º	12,3 ± 0,2 A	1,19 ± 0,07 a	10,4	13,4 ± 0,7 A	140 ± 17 a	55,8 ± 2,8 A	3,70 ± 0,19
M. Pixie	1º	12,1 ± 0,4 a	0,65 ± 0,04 A	18,6	17,9 ± 3,5 a	268 ± 18 A	24,7 ± 1,5 a	1,56 ± 0,09
	2º	12,9 ± 0,1 b	1,13 ± 0,08 B	11,5	27,8 ± 5,0 b	268 ± 16 A	30,8 ± 1,5 b	1,98 ± 0,10
P. Star Ruby	1º	9,7 ± 0,2 A	2,13 ± 0,03 a	4,6	16,7 ± 2,2 B	173 ± 11 a	59,5 ± 0,7 B	3,95 ± 0,05
	2º	12,7 ± 0,1 B	2,63 ± 0,02 b	4,8	12,0 ± 1,5 A	310 ± 29 b	54,9 ± 0,9 A	3,63 ± 0,06

¹Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre años para cada variedad (prueba t, $\alpha \leq 0,05$).

La calidad inicial de los frutos en ambos años presentó diferencias significativas, en algunos parámetros para algunas variedades, especialmente fue diferente el índice de madurez en mandarinas 'Pixie', siendo muy elevado el del primer año (Tabla V.2); también se observó una diferencia importante en el contenido inicial de etanol para pomelos, siendo superior en el segundo año (Tabla V.2).

V.3.2. Pérdidas de calidad

V.3.2.1. Pérdida de peso:

Luego de salir de frío los envases presentaban condensación en el film, mostrando una saturación de humedad interna, a excepción del envase microperforado donde la condensación era menor, tal como se puede observar para mandarina 'Pixie' en la Figura IV.1.A. En el interior de los envases, los gajos presentaban buen aspecto sin diferencias entre tratamientos (Figura IV.1.B).



Figura V.1. A) Gajos envasados y **B)** sin envase de mandarina Pixie a la salida de 7 días a 2°C. De izquierda a derecha: atmósfera modificada activa, atmósfera modificada pasiva y film microperforado.

Los gajos de naranjas, mandarinas y pomelos de todos los tratamientos sufrieron una pérdida de peso durante la conservación, sin diferencias significativas entre tratamientos (Figura V.2). Pretel et al. (1998) observaron mayores pérdidas de peso en gajos de naranja envasados en film de alta permeabilidad, respecto de los de baja permeabilidad (alta barrera). Los niveles finales en algunos casos superan el máximo de 0,2% observado por otros autores en naranjas (Pretel et al., 1998).

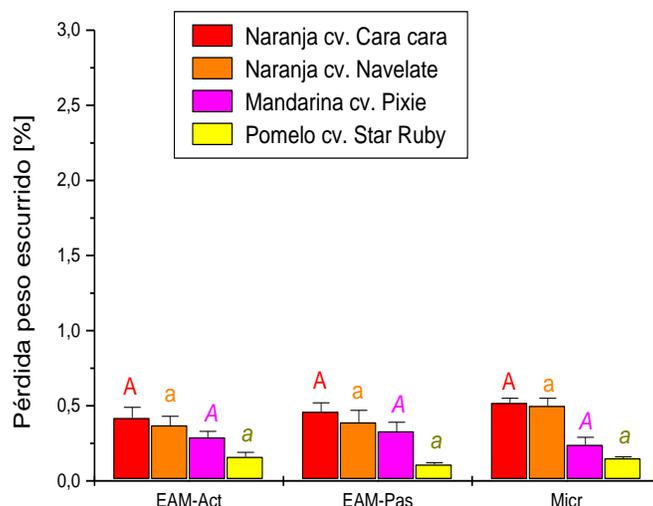


Figura V.2. Pérdida de peso escurrido de los gajos de naranjas cv. Cara cara y cv. Navelate y mandarinas cv. Pixie y pomelos cv. Star Ruby, almacenados en distintas atmósferas. Letras diferentes de un mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $\alpha=0,05$).

V.3.3. Calidad interna

Se observó una disminución en la capacidad antioxidante y un aumento en el contenido de volátiles de los frutos luego de 7 días a 2 °C (Tablas V.3, V.4, V.5 y V.6) respecto de los niveles iniciales (Tabla V.2). Esta pérdida de calidad incluye el procesamiento de los frutos, pero también el período de conservación, que como ya se observó en el capítulo II provoca una pérdida de calidad del fruto respecto del valor inicial.

El contenido de sólidos solubles y la acidez disminuyó significativamente sólo para algunos tratamientos, presentando el envasado en film microperforado en muchos casos niveles similares a los iniciales. Tal como se observó en capítulos anteriores y lo mencionado por otros autores la pérdida de acidez es el resultado de aumento de la actividad fisiológica y es más función del tiempo de almacenamiento que de los tratamientos, habiéndose encontrado en algunos casos pérdidas tanto de acidez como de sólidos solubles (Arruda et al., 2011; Agostini et al., 2013).

V.3.3.a. Naranjas Cara cara y Navelate

En naranjas cv. 'Cara cara', el contenido de sólidos solubles y la acidez iniciales no presentaron diferencias significativas entre ambos años (Tabla V.2). Comparando estas mismas variables entre tratamientos luego de la conservación, se pudo observar que no presentaron diferencias entre métodos de envasado (Tabla V.3).

En naranjas cv. 'Navelate', por su parte, el contenido inicial de sólidos solubles fue inferior en el segundo año y la acidez no presentó diferencias significativas entre ambos años (Tabla V.2). Luego de la conservación, no hubo diferencias entre tratamientos en el contenido de sólidos solubles ni de acidez entre métodos de envasado (Tabla V.4).

Tabla V.3. Calidad interna de los gajos de naranja Cara cara final (7 días a 2 °C) con distintos métodos de envase.

Año	Envasado	SS [%]	AT [mgAC/100 mL]	Acetaldehído [ppm]	Etanol [ppm]	CAT [% Inh DPPH]
1º	EAM-Act	10,2 ± 0,6 a	0,95 ± 0,15 A	50 ± 3 b	526 ± 1 B	40,3 ± 1,1 a
	EAM-Pas	10,4 ± 0,4 a	0,99 ± 0,04 A	39 ± 4 a	526 ± 11 B	47,5 ± 3,4 ab
	Micr	10,3 ± 0,5 a	1,02 ± 0,10 A	39 ± 2 a	476 ± 8 A	52,8 ± 5,6 b
2º	EAM-Act	10,6 ± 0,2 A	0,95 ± 0,05 a	40 ± 5 B	607 ± 49 c	49,4 ± 2,6 A
	EAM-Pas	10,8 ± 0,2 A	0,98 ± 0,13 a	37 ± 2 B	389 ± 16 b	55,5 ± 4,5 A
	Micr	10,6 ± 0,1 A	1,09 ± 0,03 a	28 ± 2 A	285 ± 43 a	54,4 ± 3,5 A

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

Otros autores tampoco encontraron diferencias en el contenido de sólidos solubles ni de acidez en otras variedades de naranjas (Pretel et al., 1998; Arruda, et al., 2011), mencionando que las diferentes atmósferas creadas con distinta permeabilidad a los gases no cambiaron la calidad inicial en naranjas listas para consumir (Pretel et al., 1998).

El contenido inicial de volátiles (acetaldehído y etanol) de los frutos fue superior en el primer año respecto del segundo en naranjas cv. ‘Cara cara’ (Tabla V.2). Luego de la conservación, se observó mayor nivel de volátiles en los frutos envasados en atmósfera modificada activa, respecto de aquellos en envase microperforado, con niveles intermedios para el EAM-Pas (Tabla V.3).

En naranjas cv. ‘Navelate’, el contenido de acetaldehído fue similar en ambos años y el de etanol fue superior en el primer año (Tabla V.2). Luego de la conservación, no se observaron diferencias significativas entre envases para el contenido de etanol de los frutos de naranja cv. ‘Navelate’ en el primer año, mientras que el contenido de acetaldehído de los frutos envasados en ambas atmósferas modificadas fue superior al del envase microperforado. Por su parte, en el segundo se observó el mismo comportamiento que en naranjas ‘Cara cara’, con mayores niveles en EAM-Act y menores en envase microperforado tanto en acetaldehído como en etanol (Tabla V.4).

Tabla V.4. Calidad interna de los gajos de naranja Navelate final (7 días a 2 °C) con distintos métodos de envase.

Año	Envasado	SS [%]	AT [mgAC/100 mL]	Acetaldehído [ppm]	Etanol [ppm]	CAT [% Inh DPPH]
1º	EAM-Act	11,8 ± 0,2 a	0,93 ± 0,12 A	48,7 ± 2,2 b	485 ± 47 A	50,9 ± 3,4 a
	EAM-Pas	12,0 ± 0,3 a	0,95 ± 0,02 A	46,5 ± 2,6 b	473 ± 20 A	49,0 ± 2,9 a
	Micr	11,8 ± 0,3 a	0,98 ± 0,14 A	35,5 ± 1,8 a	385 ± 57 A	50,3 ± 2,8 a
2º	EAM-Act	11,6 ± 0,3 A	1,06 ± 0,04 a	34,9 ± 0,7 C	931 ± 44 c	35,1 ± 0,9 A
	EAM-Pas	12,0 ± 0,3 A	1,10 ± 0,03 a	30,0 ± 0,9 B	653 ± 71 b	42,2 ± 2,1 B
	Micr	11,9 ± 0,3 A	1,12 ± 0,03 a	25,2 ± 0,7 A	475 ± 23 a	42,7 ± 1,0 B

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

Arruda et al. (2011) en atmósferas similares a las evaluadas en este ensayo observaron acumulación de acetaldehído y etanol en naranjas almacenadas a 6 y 12 °C, siendo mayores a temperaturas más elevadas probablemente debido a las menores tensiones de oxígeno a las que los frutos fueron expuestos a esta temperatura. En los mismos tipos de envases, Palharini et al. (2012) mencionan reducción en el nivel de oxígeno y aumento en el de dióxido de carbono en atmósferas modificadas activas y pasivas.

También se reportaron acumulaciones de acetaldehído y etanol en naranjas mínimamente procesadas almacenadas con film de baja permeabilidad en las que los niveles de oxígeno fue baja (Pretel et al., 1998) y en envases de atmósfera modificada activa (Del Valle et al., 2009). También en envases microperforados, con un área de perforación inferior a la de este ensayo, la concentración de etanol aumentó, alcanzando niveles similares a los tratamientos microperforados de este ensayo (Del Valle et al., 2009).

El contenido de acetaldehído y etanol final en naranjas no alcanzó los umbrales de detección de sabores extraños (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009). De forma similar otros autores observaron aumento en el contenido de volátiles, en naranjas mínimamente procesadas envasadas en atmósfera modificada activa y pasiva, similar a este ensayo que no alteraron la calidad sensorial de los frutos (Arruda et al., 2011).

La capacidad antioxidante al inicio del ensayo no presentó diferencias significativas en naranjas cv. 'Cara cara' (Tabla V.2). En naranjas cv. 'Navelate', la capacidad antioxidante inicial fue inferior para el segundo año (Tabla V.2). Estos niveles de CAT determinados para naranjas cv. 'Cara cara' (ambos años) y cv. 'Navelate' para el primer año, fueron similares o superiores a los determinados por otros autores para otras variedades de naranjas (Del Caro et al., 2004; Xu et al., 2008).

Luego de la conservación, la capacidad antioxidante fue superior en envase microperforado respecto del de atmósfera modificada activa para el año 1, sin diferencias en el otro año en naranjas cv. 'Cara cara' (Tabla V.3). En naranjas cv. 'Navelate' no se observaron diferencias entre la capacidad antioxidante para los tres envasados en el primer año, y se observó menor CAT para el EAM-Act en el segundo año (Tabla V.4).

Como se ha mencionado previamente el ácido ascórbico contribuye con 33% al 100% de la capacidad antioxidante total de los frutos cítricos (Gardner et al., 2000; Shen et al., 2013). Así, los menores niveles de capacidad antioxidante en atmósferas con menores niveles de oxígeno no coinciden con un efecto en el ácido ascórbico que tiende a oxidarse con concentraciones de oxígeno, tal como lo demostraron Sosa et al. (2012) almacenando cítricos en condiciones de oxígeno superatmosféricos.

Ahora bien, Sosa et al. (2012) también demostraron que, a pesar de esa disminución de ácido ascórbico, no se observaba un efecto similar en la capacidad antioxidante de naranjas mínimamente procesadas. Otros autores también han encontrado pérdidas de ácido ascórbico en naranjas mínimamente procesadas que dependía del tiempo de almacenamiento y no del material de envase utilizado (Del Valle et al., 2009; Arruda et al., 2011; Agostini et al., 2013).

Esta estabilidad respecto del contenido de oxígeno del envase, Arruda et al. (2011) lo adjudican a la protección otorgada por las membranas del hesperidio sobre las vesículas de

jugo, junto con la baja temperatura de conservación. En el caso de este ensayo, las diferencias significativas se dan entre tratamientos de EAM-Act y envases microperforados (Tablas V.3 y V.4), probablemente debido a una pérdida mayor en primer tipo de envase, mientras que en el otro el nivel de oxígeno no es suficiente para perder capacidad antioxidante.

V.3.3.b. Mandarina Pixie

El contenido de sólidos solubles y la acidez iniciales en mandarina cv. ‘Pixie’ fueron superiores en el segundo año, pero en mayor magnitud por parte de la acidez, dando un índice de madurez superior en el primer año (Tabla V.2). Luego de la conservación, no se observaron diferencias en estos parámetros para el primer año (Tabla V.5). En el segundo año se observó que el envasado en atmósfera modificada activa presentó menor acidez que el envase microperforado para mandarina ‘Pixie’, sin observarse diferencias en el contenidos de sólidos solubles (Tabla V.5).

Por lo que, en mandarinas se observa un efecto en la calidad por el EAM-Act, que reduce la acidez (Tabla V.5), a diferencia de lo observado en naranjas donde las diferencias no alcanzaron a ser significativas (Tablas V.3 y V.4), similar a lo observado por otros autores en naranjas (Pretel et al., 1998; Arruda, et al., 2011).

La capacidad antioxidante total al inicio del ensayo, fue superior en el segundo año (Tabla V.2). Estos niveles CAT inicial en mandarinas cv. ‘Pixie’ determinados en el primer año fueron superiores a los encontrados en mandarinas del tipo satsuma para algunos autores (Shen et al., 2013), y similares a los observados por otros (Xu et al., 2008) e inferiores a los determinados en híbridos (Del Caro et al., 2004).

Tabla V.5. Calidad interna de los gajos de mandarina Pixie final (7 días a 2 °C) con distintos métodos de envase.

<i>Campaña</i>	<i>Envasado</i>	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
1º	EAM-Act	11,3 ± 0,5 a	0,41 ± 0,04 A	35 ± 1 b	661 ± 51 A	16,4 ± 0,8 a
	EAM-Pas	11,1 ± 0,1 a	0,41 ± 0,03 A	31 ± 2 ab	673 ± 28 A	15,6 ± 0,9 a
	Micr	11,3 ± 0,3 a	0,46 ± 0,02 A	29 ± 2 a	592 ± 17 A	16,4 ± 1,4 a
2º	EAM-Act	11,6 ± 0,5 A	0,78 ± 0,04 a	64 ± 8 A	781 ± 90 a	24,6 ± 1,5 A
	EAM-Pas	12,1 ± 0,5 A	0,85 ± 0,07 ab	64 ± 4 A	645 ± 55 a	24,8 ± 0,7 A
	Micr	12,1 ± 0,5 A	0,92 ± 0,06 b	56 ± 8 A	616 ± 53 a	25,0 ± 0,5 A

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

Luego de la conservación, la capacidad antioxidante fue similar para todos los tratamientos evaluados (Tabla V.5), lo que coincide con algunos de los resultados en naranjas (Tablas V.3 y V.4) y lo observado por otros autores en naranjas, mencionando que la pérdida de compuestos antioxidantes no depende del material de envase utilizado (Del Valle et al., 2009; Arruda et al., 2011; Agostini et al., 2013).

El contenido de etanol inicial en mandarinas cv. ‘Pixie’ fue similar en ambos años y el de acetaldehído fue superior en el segundo año (Tabla V.2). En mandarinas cv. ‘Pixie’ las

diferencias sólo son significativas para acetaldehído en el año 1, donde fue superior el contenido de etanol en EAM-Act respecto de microperforado, con valores intermedios de EAM-Pas (Tabla V.5). No se observaron diferencias en etanol en ninguno de los dos años (Tabla V.5).

Esta tendencia del envase en atmósfera modificada activa a presentar mayores niveles de volátiles y del envase microperforado, a presentar niveles inferiores es similar a lo observado en naranjas, especialmente en ‘Navelate’ (Tabla V.4), mientras que en ‘Cara cara’ la misma tendencia es más pronunciada y alcanza a presentar diferencias significativas en etanol (Tabla V.3).

Este aumento del contenido de volátiles es similar a lo observado por otros autores (Del Valle et al., 2009; Arruda et al., 2011). Los niveles máximos obtenidos en este ensayo no alcanzan a los críticos que pueden generar sabores desagradables (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009). Sin embargo, otros autores mencionan para mandarinas sin procesar, que éstas tienden a desarrollar sabores desagradables más rápidamente que otras variedades cítricas (Shi et al., 2005).

V.3.3.c. Pomelo Star Ruby

En pomelos el contenido de sólidos solubles y la acidez iniciales fueron superiores en el segundo año (Tabla V.2). Luego de la conservación no se observaron diferencias en estos parámetros, entre métodos de envasado (Tabla V.6), similar a lo observado en naranjas (Tablas V.3 y V.4) en este ensayo y por otros autores (Pretel et al., 1998; Arruda, et al., 2011).

La capacidad antioxidante inicial de los pomelos fue algo menor en el segundo año (Tabla V.2). Estos los niveles fueron similares los encontrados por Del Caro et al. (2004) en jugo de otras variedades de pomelo y superiores a los observados en pomelos por Xu et al. (2008) en otras variedades. Al final de la conservación, la capacidad antioxidante fue similar para todos los distintos tipos de envasado (Tabla V.6), similar a lo observado en naranjas en este ensayo (Tablas V.3 y V.4) y lo informado por otros autores (Del Valle et al., 2009; Arruda et al., 2011; Agostini et al., 2013).

Tabla V.6. Calidad interna de los gajos de pomelo Star Ruby final (7 días a 2 °C) con distintos métodos de envase.

<i>Campaña</i>	<i>Envasado</i>	<i>SS</i> [%]	<i>AT</i> [mgAC/100 mL]	<i>Acetaldehído</i> [ppm]	<i>Etanol</i> [ppm]	<i>CAT</i> [% Inh DPPH]
1º	EAM-Act	9,5 ± 0,3 a	1,71 ± 0,05 A	26,6 ± 1,1 b	479 ± 10 B	45,6 ± 1,8 a
	EAM-Pas	9,3 ± 0,3 a	1,69 ± 0,08 A	26,8 ± 1,4 b	502 ± 8 B	43,7 ± 2,3 a
	Micr	9,3 ± 0,5 a	1,76 ± 0,10 A	21,0 ± 0,6 a	324 ± 20 A	44,2 ± 0,7 a
2º	EAM-Act	12,1 ± 0,3 A	2,29 ± 0,03 a	22,4 ± 1,2 A	645 ± 11 c	47,8 ± 0,2 A
	EAM-Pas	11,7 ± 0,6 A	2,46 ± 0,07 a	17,5 ± 2,7 A	393 ± 17 a	47,5 ± 1,5 A
	Micr	11,6 ± 0,5 A	2,45 ± 0,12 a	20,8 ± 1,7 A	439 ± 20 b	48,5 ± 0,7 A

¹ Letras diferentes del mismo tipo indican diferencias significativas entre tratamientos de una misma variedad y año para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

El contenido de acetaldehído fue superior en el primer año para pomelos, mientras que el de etanol fue superior en el segundo año (Tabla V.2), en que luego de la conservación los niveles mayores de etanol se observaron en EAM-Act, con niveles intermedios para el envase microperforado, sin diferencias en acetaldehído (Tabla V.6).

Similar a lo observado en naranjas ‘Cara cara’ (Tabla V.3) y más levemente en naranjas ‘Navelate’ (Tabla V.4) y mandarinas ‘Pixie’ (Tabla V.5), en el primer año en pomelos tanto el contenido de acetaldehído y el de etanol mostraron mayores niveles para el envasado en atmósfera modificada activa y pasiva respecto del microperforado (Tabla V.6). Este aumento del contenido de volátiles es similar a lo observado por otros autores (Del Valle et al., 2009; Arruda et al., 2011). Los niveles máximos obtenidos en este ensayo no alcanzan a los críticos que pueden generar sabores desagradables (Ke y Kader, 1990; Bacigalupo et al., 2009), además que para frutos sin procesar se menciona que las mandarinas tienden a desarrollar sabores desagradables más rápidamente que otras variedades cítricas y encontraron mayores aumentos y más tempranos en el nivel de volátiles que pomelos cuando fueron sometidos a condiciones de bajo nivel de oxígeno (Shi et al., 2005).

V.3.4. Pérdida de calidad interna

Considerando la pérdida de calidad interna en las distintas variables, en el análisis de la varianza se observó que fueron significativos los factores tipo de fruta evaluada y atmósfera de envasado en todas las variables, a excepción de la pérdida de sólidos solubles que no fue significativa (Tabla V.7), evidenciando que el cambio en la atmósfera no modificó el nivel de sólidos solubles iniciales de los frutos tal como se reportó previamente (Pretel et al., 1998; Arruda, et al., 2011).

Tabla V.7. Análisis de la varianza de pérdida de parámetros de calidad interna de gajos de naranjas cv. Cara cara y cv. Navelate, mandarinas cv. Pixie y pomelos cv. Star Ruby según la atmósfera de envasado.

	GI	PSS	PAT	AAc	AEt	PCAT
EFECTOS PRINCIPALES						
A:Fruta	3	12,6 ^a NS	65,2***	79,0***	54,2***	63,8***
B:Atmósfera	2	0,9 NS	13,4**	13,4***	34,6***	10,5***
INTERACCIÓN						
AB	6	16,9 NS	2,3 NS	3,9**	9,3***	15,3***
RESIDUOS	24	69,6	19,0	3,7	1,8	10,4
TOTAL						
(CORREGIDO)	35	197	2069	133520	213370	1273

^a Porcentaje de la suma de cuadrados

NS: no significativo. *, **, *** significativo para $P \leq 0,05$; 0,01 y 0,001, respectivamente.

V.3.4.a. Naranjas Cara cara y Navelate

Específicamente para naranjas cv. ‘Cara cara’ (Figura V.3) y cv. ‘Navelate’ (Figura V.4), se observaron diferencias significativas en la pérdida de capacidad antioxidante y en el aumento de acetaldehído y etanol, sin diferencias en la pérdida de sólidos solubles ni de acidez. El contenido de volátiles aumentó más en los tratamientos de envasado en atmósfera modificada

activa, donde los niveles de oxígeno iniciales eran inferiores a los de la atmósfera normal usada para los envases EAM-Pas y microperforado, lo que pudo provocar fermentación y generación de volátiles en los frutos, tal como han informado otros autores en naranjas (Pretel et al., 1998; Arruda et al., 2011).

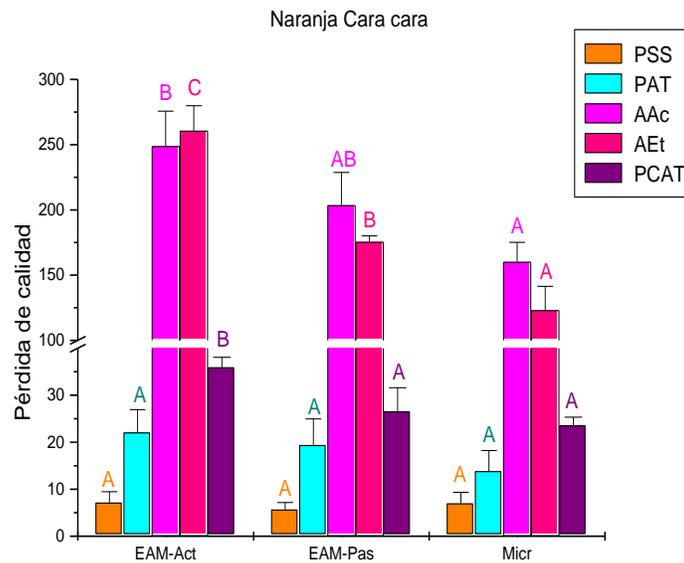


Figura V.3. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para las distintas atmósferas de envasado en naranjas cv. Cara cara (promedios y desviación estándar). Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

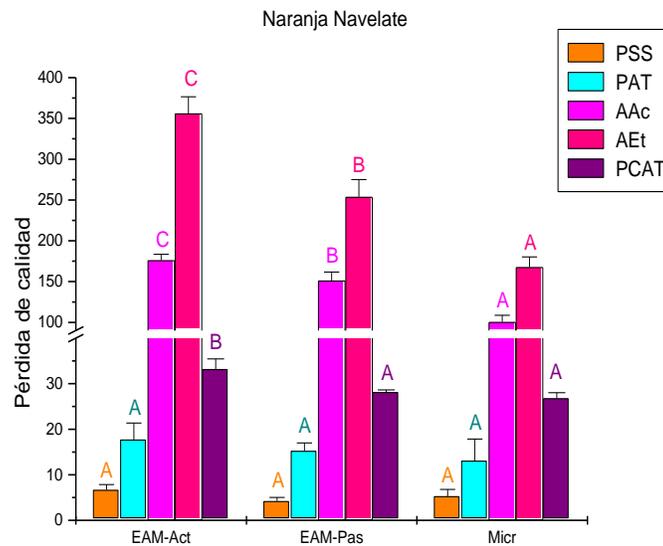


Figura V.4. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para las distintas atmósferas de envasado en naranjas cv. Navelate. Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

A pesar de ser inferior a los otros envases, los frutos almacenados en envase microperforado también aumentaron los volátiles tal como lo observaron otros autores en mandarinas (Del Valle et al., 2009). La pérdida de capacidad antioxidante fue superior en EAM-Act, a pesar de tener niveles iniciales de oxígeno inferiores, ya que como se mencionó previamente, depende más del tiempo de conservación, que del material de envase utilizado (Del Valle et al., 2009; Arruda et al., 2011; Agostini et al., 2013).

V.3.4.b. Mandarina Pixie

En el caso de mandarinas cv. 'Pixie' sólo se observaron diferencias significativas para el aumento en el contenido de volátiles, sin diferencias significativas para la pérdida de sólidos solubles, de acidez y de capacidad antioxidante para los tres tipos de envases (Figura V.5). En este caso también se observaron mayores aumentos de volátiles en el envasado en atmósfera modificada activa, similar al aumento de volátiles observado por otros autores en mandarinas enteras sometidas a estrés anaeróbico (Shi et al., 2005). Los frutos almacenados en envase microperforado también presentaron aumentos de volátiles a niveles similares a los mencionados por otros autores para mandarinas mínimamente procesadas (Del Valle et al., 2009).

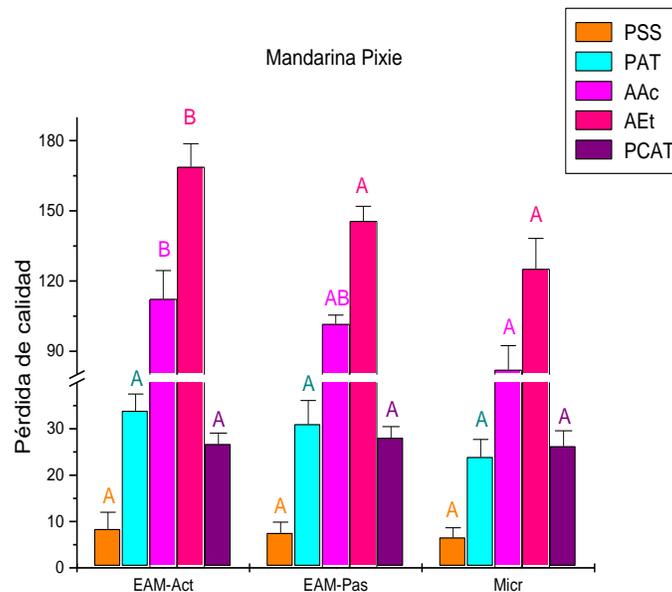


Figura V.5. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para las distintas atmósferas de envasado en mandarinas cv. Pixie. Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

V.3.4.c. Pomelo Star Ruby

En el caso de pomelos cv. 'Star Ruby' sólo se observaron diferencias significativas para el aumento en el contenido de etanol, sin diferencias en los otros parámetros (Figura V.6), con mayores aumentos de etanol para en el envase en atmósfera modificada activa, similar a las otras variedades cítricas. Este aumento del contenido de volátiles se puede explicar por el

efecto del estrés anaeróbico en los frutos, similar a lo observado en frutos enteros sometidos a estrés similar (Shi et al., 2005).

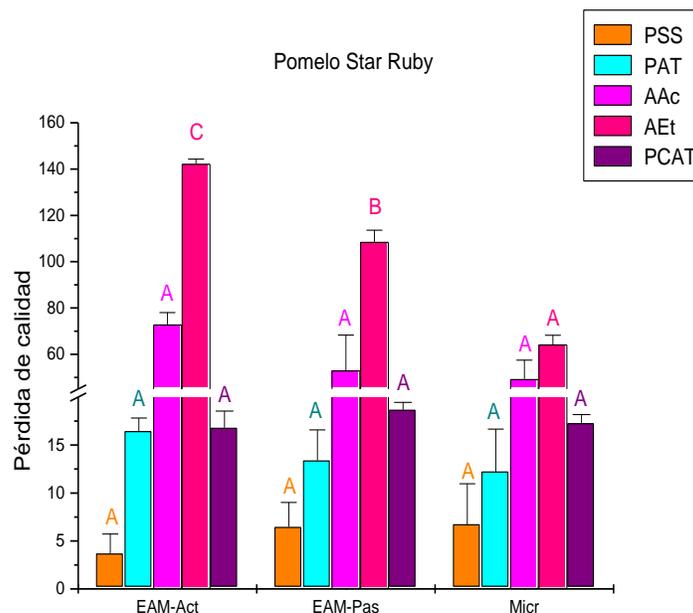


Figura V.6. Variación porcentual de parámetros de calidad respecto a la cosecha (pérdida de SS, AT y CAT o aumento de Ac y Et) para las distintas atmósferas de envasado en pomelos cv. Star Ruby. Letras diferentes indican diferencia significativa para cada parámetro (Tukey, $\alpha=0,05$).

V.3.5. Análisis multivariado de las pérdidas de calidad interna

La comparación entre la pérdida de calidad para envases en atmósfera modificada activa y pasiva y para envase microperforado mostró comportamiento similar en la calidad interna para las distintas variedades (Figuras V.3 a V.6), a excepción de la pérdida de capacidad antioxidante que fue diferente en naranjas.

Observando las pérdidas de calidad en forma general mediante el análisis de componentes principales para las distintas variedades se pudo observar que las 2 primeras componentes concentraron un 84% de la variabilidad, con un 53% asociado a la componente principal 1 y un 30% para la CP2 (Tabla V.8).

Tabla V.8. Autovalores y proporción del análisis de componentes principales por variedad.

Lambda	Valor	Proporción	Prop. Acum
1	2,67	0,53	0,53
2	1,51	0,3	0,84
3	0,45	0,09	0,93
4	0,26	0,05	0,98
5	0,1	0,02	1

Evaluándolo en función de las especies cítricas las dos primeras componentes concentraron un 90% de la variabilidad (Tabla V.9) con un 59% para λ_1 y un 21% para λ_2 (CP2).

Los autovectores, a su vez, nos muestran la influencia de cada variable individual en ambas componentes principales, mostrando que para la CP1 las proyecciones de todas las variables van en el mismo sentido de crecimiento de esta componente, con mayor influencia de la pérdida de capacidad antioxidante (Tabla V.10).

Tabla V.9. Autovalores y proporción del análisis de componentes principales por especie cítrica.

<i>Lambda</i>	<i>Valor</i>	<i>Proporción</i>	<i>Prop. Acum</i>
1	2,96	0,59	0,59
2	1,52	0,3	0,9
3	0,4	0,08	0,98
4	0,09	0,02	0,99
5	0,03	1,00E-02	1

Tabla V.10. Autovectores correspondiente a la componente principal 1 (e1) y componente principal 2 (e2) para el Análisis de Componentes Principales para las pérdidas de calidad por especie cítrica.

Variables	e1	e2
PCAT	0,56	0,03
PSS	0,24	0,66
PAT	0,31	0,57
AAc	0,51	-0,36
AEt	0,51	-0,34

Con respecto a los autovectores para la CP2, se pudo ver que las pérdidas de sólidos solubles y de acidez crecen en el mismo sentido que la CP2 y son los que más la influyen, mientras que la proyección del aumento en volátiles va en sentido inverso. Por ello, se analiza la CP1 como la componente que resume la pérdida de calidad, ya que representa casi el 60% de la variabilidad (Figura V.7).

En la representación gráfica de las componentes principales y de las variables originales (pérdida de sólidos solubles, de acidez y de capacidad antioxidante y aumento de acetaldehído y de etanol), se observó que la variable de mayor proyección sobre la CP1 fue la pérdida de capacidad antioxidante (Figura V.7). Se pudo observar también, que en naranjas el EAM-Act presentó mayor pérdida de calidad, especialmente la pérdida de capacidad antioxidante, aunque también se vieron influenciadas por el aumento en el contenido de volátiles. En mandarinas, la pérdida de calidad está más relacionada con la pérdida de acidez, mientras que en pomelos las pérdidas de calidad fueron inferiores.

En todos los frutos, se observó que el envase microperforado permitió mantener mejor la calidad interna de los frutos (Figura V.7), similar a lo observado por Del Valle et al., 2009, que mencionan que el microperforado permite un adecuado intercambio gaseoso para evitar pérdidas de calidad.

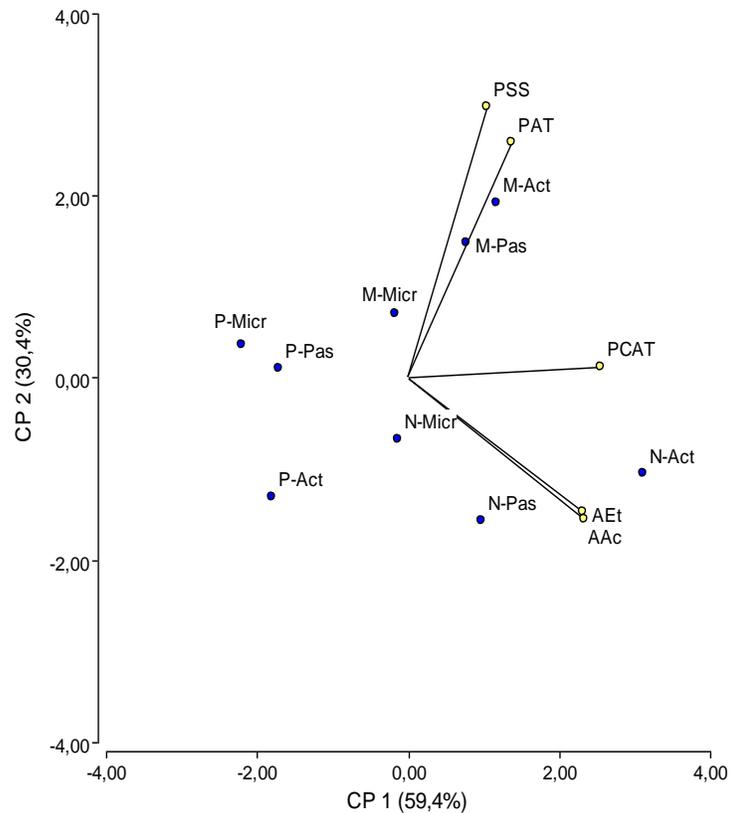


Figura V.7. Análisis de componentes principales para las pérdidas de calidad para cada especie cítrica en función del tipo de envase.

V.4. CONCLUSIÓN

La modificación de la atmósfera interior del envase, provocada por el propio producto o por el agregado de una mezcla gaseosa específica, es un punto que condiciona la calidad interna del producto. Así, cuando se trabaja con agregado de gases con bajo nivel de oxígeno (EAM activa) se intensifican las pérdidas de calidad interna provocadas durante el procesamiento de los frutos, promoviendo procesos metabólicos fermentativos en los frutos.

El aumento sobre de la actividad fisiológica de los frutos provocado por el procesamiento, exige un intercambio gaseoso muy elevado, no siendo suficiente la permeabilidad del film. Así, el agregado de perforaciones facilita este proceso minimizando las pérdidas de calidad interna.

A pesar de que los envases microperforados permiten mayor intercambio con el exterior no sólo de gases de respiración (O_2 y CO_2), sino también de vapor de agua, el nivel de perforaciones evaluado en este capítulo no presentó diferencias significativas de pérdida de

peso respecto de los otros envases. A su vez, el nivel de volátiles alcanzando por los frutos almacenados en estos envases microperforados, fue similar o inferior a los alcanzados en los otros envases evaluados.

Evaluando el efecto del envase sobre la calidad interna, mediante análisis multivariado, mostró que la componente principal 1 representaba un 60% de la variabilidad total. En este caso, la variable de más influencia fue la capacidad antioxidante, seguida por el aumento del contenido de acetaldehído y de etanol y por último por la pérdida de acidez.

Se observó así en este análisis, para las naranjas que el método de envasado en atmósfera modificada activa presentó mayor pérdida de calidad influenciada por la pérdida de capacidad antioxidante y por el aumento de volátiles. En mandarinas, en cambio, la pérdida de calidad estuvo más condicionada por la pérdida de acidez, con niveles superiores para el envasado en atmósfera modificada activa, pero con niveles muy cercanos a los de envase en atmósfera modificada pasiva.

En pomelos, por su parte, las pérdidas de calidad fueron muy inferiores a los cítricos dulces. Más allá de estas diferencias entre especies, se observó que en todas ellas las menores pérdidas de calidad se observaron en el envase microperforado, que permitió mantener mejor la calidad interna de los frutos.

Por lo que, este tipo de envase resulta ser una alternativa cuyo comportamiento debe seguir siendo estudiado. Se debe profundizar en la evaluación del nivel de perforaciones que optimice la calidad interna pero que no aumente las pérdidas de peso ni favorezca el desarrollo microbiológico en el producto.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo de tesis revelan que todas estas etapas afectan las variables aquí consideradas de calidad interna de los frutos. Esta modificación de la calidad se da en el sentido de disminuir su calidad interna.

En estos cambios de calidad interna, influye muchas veces la especie cítrica considerada, no así la variedad, comparando naranjas pigmentadas o no pigmentadas. Además, la disminución de la calidad interna se manifiesta en forma diferente de acuerdo a la etapa considerada.

El **método de descascarado** modificó los parámetros de calidad interna de los frutos cítricos, especialmente provocando un aumento final en el contenido de volátiles. Este efecto observado en esta tesis fue más importante en mandarinas que en naranjas, y en menor medida para pomelos.

En naranjas y mandarinas, fue el método de infusión térmica el que provocó mayor aumento de volátiles respecto del método enzimático; mientras que en pomelos fue el método enzimático, el que afectó mayormente la calidad de los gajos. Así, este análisis mostró que las diferencias entre la pérdida de calidad de cada método de descascarado fueron leves y que dependen de la especie cítrica procesada.

La **segmentación** acentuó la pérdida de calidad interna, especialmente en naranjas y pomelos. En mandarinas, por su parte, las diferencias no fueron significativas entre los frutos descascarados enteros y los desgajados, debido probablemente a su facilidad de segmentación. Esta característica evita daños que alteran la integridad del fruto, lo que es más frecuente en naranjas y pomelos.

Otro efecto de la segmentación es una mayor pérdida de peso por parte de los gajos, respecto de los frutos descascarados enteros para todas las especies evaluadas. Este efecto se debe principalmente al aumento del área de intercambio de humedad al exponer más superficie del fruto en un gajo que en un fruto descascarado entero.

La **temperatura de conservación** fue relevante en la pérdida de calidad del producto fresco, determinándose que con temperaturas superiores a 0 °C y hasta 4 °C se mantienen las condiciones óptimas, evitando además posibles efectos de daño por frío en los frutos.

Las pérdidas de calidad fueron aumentando con el tiempo de conservación, siendo muchas veces limitantes de la vida útil del producto, que no logra superar los 7 días de almacenamiento, dependiendo principalmente de la calidad inicial de los frutos.

La **composición** de oxígeno de la **atmósfera** interior del envase, condicionó la calidad interna del producto, ya que promueve procesos metabólicos fermentativos en los frutos. Los cambios en composición de atmósfera pudieron provocarse por el propio producto (EAM pasiva) o por el agregado de una mezcla gaseosa específica (EAM Activa) o puede minimizarse por agregado de perforaciones al material de envase (microperforado).

En los distintos tipos de envase evaluados en esta tesis, se observó que las perforaciones no provocaron mayores pérdidas de peso y el nivel de volátiles alcanzando por los frutos en estos envases, fue similar o inferior a los alcanzados en los otros envases evaluados. Por lo que, su pérdida de la calidad interna fue mínima.

Por lo tanto, la etapa que más modificó la calidad interna de los frutos considerada en forma global fue el método de descascarado, seguido por el método de envasado en atmósfera modificada.

En el primer caso, si los frutos deben ser segmentados, es preferible realizar un descascarado enzimático en naranjas y mandarinas y un descascarado por infusión térmica en pomelos. Estos métodos permiten mejor acabado externo y no alteran tanto la calidad interna del fruto.

En el caso de la atmósfera de envasado, el agregado de microperforaciones al envase permitió obtener mejores parámetros de calidad del producto. Por lo que, resulta una alternativa que debe seguir estudiándose, optimizando el nivel de perforaciones que optimice la calidad interna pero que no aumente las pérdidas de peso ni favorezca el desarrollo microbiológico en el producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, J. A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 207-225.
- Agostini, J. S.; Scalon, S. P. Q.; Silva, K. E.; Lima, F. F.; Gomes, A. P. E.; Leite, M. M. (2013). Physicochemical and microbiological characteristics of minimally processed "Champagne" oranges (*Citrus reticulata* x *Citrus sinensis*) in different packgings. *Food Science and Technology (Campinas)*, 33 (1): 84-92.
- Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 7: 179-187.
- Alquezar, B.; Rodrigo, M. J.; Zacarías, L. (2008). Regulation of carotenoid biosynthesis during fruit maturation in the red-fleshed orange mutant Cara Cara. *Phytochemistry*, 69: 1997–2007.
- Anderson, C. (1996). Variedades cultivadas en el área del Río Uruguay. En: Manual para productores de naranjas y mandarinas de la región del río Uruguay. INTA. Cap 7: 63-92.
- Arruda, M. C.; Jacomino, A. P.; Pinheiro, A. L.; Ribeiro, R. V.; Lochoski, M. A.; Moreira, R. C. (2008a). Hydrothermal treatment favors peeling of "Pera" sweet orange fruit and does not alter quality. *Scientia Agricola*, 65(2): 151-156.
- Arruda, M. C.; Jacomino, A. P.; Pinheiro, A. L.; Trevisan, M. J.; Ortega, E. M. M. (2008b). Atividade respiratória e produção de etileno em laranja "Pêra" submetida a níveis de processamento mínimo e temperaturas de armazenamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(4): 1155-1158.
- Arruda, M. C.; Jacomino, A. P.; Trevisan, M. J.; Jeronimo, E. M.; Moretti, C. L. (2011). Atmosfera modificada em laranja "Pêra" minimamente processada. *Bragantia*, 70(3): 664-671.
- Artés-Hernández, F.; Rivera-Cabrera, F.; Kader, A. A. (2007). Quality retention and potential shelf-life of fresh-cut lemons as affected by cut type and temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 43: 245-254.
- Bacigalupo, R.; Bello, F.; Meier, G.; Almirón, N. (2009). Efecto del tratamiento con aire caliente en la calidad interna de naranjas (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), variedades Lanelate y Cadenera. XII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- Bello, F.; Cocco, M.; Meier, G. (2008). Evaluación de parámetros de calidad en mandarina Pixie pelada enzimáticamente. Actas del XXXI Congreso Argentino de Horticultura. Mar del Plata, Argentina. ISBN: 978-987-97812-4-1.
- Bello, F.; Cocco, M.; Almirón, N. J. (2009). Evaluación de parámetros de calidad en naranja Valencia Seedless (*Citrus sinensis* L. Osbeck) con procesamiento mínimo. Actas del XII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- Bello, F.; Cocco, M.; Meier, G.; Almirón, N. (2010a). Evaluación del tipo de pelado en cítricos del IV Gama. Influencia en la calidad de naranja Valencia Seedless. VI Congreso Argentino de Citricultura. Tucumán, Argentina.

-
- Bello, F.; Romero, A.; Cocco, M.; Bacigalupo, R. (2010b). Influencia del método de descascarado en la calidad de mandarinas Pixie. XXXIII Congreso Argentino de Horticultura. Rosario, Prov. de Santa Fe, Argentina. ISBN: 978-987-97812-6-5.
 - Bruhn, C. M. (2007). Aspectos de calidad y seguridad alimentaria de interés para el consumidor. En: Kader, A A. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Universidad de California. Series de horticultura postcosecha N°24. p. 37.
 - Chaudhary, P.; Jayaprakasha, G. K.; Porat, R.; Patil, B. S. (2012). Degreening and postharvest storage influences 'Star Ruby' grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) bioactive compounds. Food Chemistry, 135: 1667–1675.
 - Chaudhary, P. R.; Jayaprakasha, G. K.; Porat, R.; Patil, B. S. (2014). Low temperature conditioning reduces chilling injury while maintaining quality and certain bioactive compounds of 'Star Ruby' grapefruit. Food Chemistry, 153: 243-249.
 - Cocco, M.; Meier, G.; Vázquez, D. (2006). Tratamiento a bajas temperaturas como alternativa a la fumigación con bromuro de metilo en naranjas destinadas a mercado interno. XXIX Congreso Argentino de Horticultura. San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina.
 - Cocco, M.; Vázquez, D. E.; Albors, A.; Cháfer, M.; Meier, G. E.; Bello, F. (2008). Combinación de tratamientos térmicos y bicarbonato de sodio para el control de *Penicillium digitatum* en frutos cítricos. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 9(1): 55-62.
 - Cocco, M.; Meier, G.; Vázquez, D. (2010). Cold treatment of Argentinean mandarins against Mediterranean fruit fly. 28th Internacional Horticultural Congress. Lisboa, Portugal.
 - Cohen, E.; Shalom, Y.; Rosenberger, I. (1990). Postharvest ethanol buildup and off-flavor in "Murcott" tangerine fruits. Journal of the American Society for Horticultural Science, 115: 775-778.
 - Del Caro, A.; Piga, A.; Vacca, V.; Agabbio, M. (2004). Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. Food Chemistry, 84: 99–105.
 - Del Valle, V.; Hernández Muñoz, P.; Catalá, R.; Gavara, R. (2009). Optimization of an equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) for minimally processed mandarin segments. Journal of Food Engineering, 91: 474-481.
 - Donadon, J. R.; Durigan, J. F. Souza, B. S. Teixeira, G. H. A.; Sanches, J. (2004). Efeito do tipo de descasque e da temperatura de armazenamento na qualidade de laranjas "Pera" minimamente processadas. Revista Brasileira de Fruticultura, 26(3): 419-423.
 - Federación Argentina del Citrus (Federcitrus). (2014). La actividad cítrica argentina. 18 pp.
 - Gardner, P. T.; White, T. A. C.; McPhail, D. B.; Duthie, G. G. (2000). The relative contribution of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. Food Chemistry, 68: 471-474.
 - Gorinstein, S.; Leontowicz, H.; Leontowicz, M.; Drzewiecki, J.; Jastrzebski, Z.; Tapia, M. S.; Katrich, E.; Trakhtenberg, S. (2005). Red Star Ruby (Sunrise) and blond qualities of Jaffa

- grapefruits and their influence on plasma lipid levels and plasma antioxidant activity in rats fed with cholesterol-containing and cholesterol-free diets. *Life Sciences*, 77: 2384–2397.
- Hagenmaier, R. D. (2002). The flavor of mandarin hybrids with different coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 24 (1): 79-87.
 - IASCAV (Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal). (1993). Reglamentaciones de frutas frescas cítricas para el mercado interno y la exportación. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. 76 pp.
 - IVIA (Instituto de Investigaciones Agrarias). (2001). Patrones y variedades de cítricos. Cuadernos técnicos del servicio de desarrollo tecnológico. Serie citricultura. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección general de innovación agraria y ganadería. Generalitat valenciana. 32 pp.
 - Ke, D.; Kader, A. A. (1990). Tolerance of 'Valencia' Oranges to Controlled Atmospheres, as Determined by Physiological Responses and Quality Attributes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(5):779-783.
 - Kluge, R. A.; Vitti, M. C. D.; Bassetto, E.; Jacomino, A. P. (2003). Temperatura de almacenamiento de tagores "Murcote" minimamente procesados *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(3): 535-536.
 - Lee, H. S. (2001). Characterization of Carotenoids in Juice of Red Navel Orange (Cara Cara). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5): 2563-2568.
 - Mateos Otero, M.; Serra Seguí, M.; Gallego Vendrell, E. 1999. Obtención de naranja IV gama en rodajas lista para su consumo. *Levante Agrícola*. Año XXXVIII Nº 348. Especial Postcosecha.
 - Meier, G. E.; Ponte, E.; Vázquez, D. E. 2004. Contenido de acetaldehído y etanol en naranjas y mandarinas durante la postcosecha. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 33 (1): 135-150.
 - Meier, G.; Bacigalupo, R.; Iriarte, L. y Brieva, S. (2010). Alternativas agroindustriales a la producción de naranjas y mandarinas en Entre Ríos. Cítricos IV Gama. Capítulo 3: Innovación en la producción primaria e industrias agroalimentarias. Congreso Mundial de Ingeniería. Buenos Aires, Argentina.
 - Nicoli, M. C.; Anese, M.; Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 10: 94-100.
 - Official Methods of Analysis of AOAC International. (2006) 18th Edition, 2005. Revision 1, 2006. Horwitz Ed. ISBN: 0-935584-77-3. Cap. 37, 39 pp.
 - Pagán, A.; Ibarz, A.; Pagán, J. (2005). Kinetics of the digestion products and effect of temperature on the enzymatic peeling process of oranges. *Journal of Food Engineering*, 71: 361-365.
 - Pagán, A.; Conde, J.; Ibarz, A.; Pagán, J. (2006). Orange peel degradation and enzyme recovery in the enzymatic peeling process. *International Journal of Food Science and Technology*, 41: 113-120.

- Pagán, A.; Conde, J.; Ibarz, A.; Pagán, J. (2010). Effluent content from albedo degradation and kinetics at different temperatures in the enzymatic peeling of grapefruits. *Food and Bioproducts Processing*, 88: 77-82.
- Palharini, M. C. A.; Jacomino, A. P.; Pinheiro, A. L.; Trevisan, M. J.; Sarantópoulos, C. I. G. L. (2012). Dynamics of gas levels inside packages containing minimally processed Pera orange. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, 32(4): 742-746.
- Palou, L.; Smilanick, J. L.; Usall, J.; Viñas, I. (2001). Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate. *Plant Disease*, 85: 371-376.
- Pao, S.; Petracek, P. D.; Brown, G. E. (1996). Effect of Infusion Method on Peel Removal and Storage Quality of Citrus. *HortTechnology*, 6(4): 409-413.
- Pao, S. y Petracek, P. D. (1997). Shelf life extensión of peeled oranges by citric treatment. *Food Microbiology*, 14: 485-491.
- Piga, A.; Agabbio, M.; Gambella, F.; Nicoli, M. C. (2002). Retention of Antioxidant Activity in Minimally Processed Mandarin and Satsuma Fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 35: 344-347.
- Pinheiro, A. L.; Jacomino, A. P.; de Arruda, M. C.; Ribeiro, R. V.; Kluge, R. A.; Trevisan, M. J. (2009). Descascamento de laranja "Pera" em função da duração do tratamento hidrotérmico. *Ciência Rural*, 39(6): 1857-1863.
- Plaza, L.; Crespo, I.; de Pascual-Teresa, S.; de Ancos, B.; Sánchez-Moreno, C.; Muñoz, M.; Cano, M. P. (2011). Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 124: 646-651.
- Pretel, M. T.; Lozano, P.; Riquelme, F.; Romojaro, F. (1997). Pectic enzymes in fresh fruit processing: optimization of enzymic peeling of oranges. *Process Biochemistry*, 32(1): 43-49.
- Pretel, M. T.; Fernández, P. S.; Romojaro, R.; Martínez, A. (1998). The Effect of Modified Atmosphere Packaging on "Ready-to-Eat" Oranges. *LWT - Food Science and Technology*, 31: 322-328.
- Pretel, M. T.; Botella, M. A.; Amorós, A.; Serrano, M.; Egea, I.; Romojaro, F. (2007). Obtaining fruit segments from a traditional orange variety (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Sangrina) by enzymatic peeling. *European Food Research and Technology*, 225: 783-788.
- Pretel, M. T.; Sanchez-Bel, P.; Egea, I.; Romojaro, F. (2008). Enzymatic peeling of citrus fruits: factors affecting degradation of the albedo. *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, 2 (Special Issue 1): 52-59.
- Rennie, T. J.; Tavoularis, S. (2009). Perforation-mediated modified atmosphere packaging. Part I. Development of a mathematical model. *Postharvest Biology and Technology*, 51: 1-9.
- Restuccia, C.; Randazzo, C.; Caggia, C. (2006). Influence of packaging on spoilage yeast population in minimally processed orange slices. *International Journal of Food Microbiology*, 109: 146-150.

-
- Robles Sánchez, M.; Gorinstein, S.; Martín-Belloso, O.; Astiazaran-García, H.; González-Aguilar, G.; Cruz-Valenzuela, R. (2007). Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interiencia*, 32(4), 227-232.
 - Seva Rivadula, P. (2000). La citricultura argentina. Producción y comercialización. *Todo Citrus*, 11: 35-51.
 - Shen, Y.; Sun, Y.; Qiao, L.; Chen, J.; Liu, D.; Ye, X. 2013. Effect of UV-C treatments on phenolic compounds and antioxidant capacity of minimally processed Satsuma mandarin during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*, 76: 50–57.
 - Shi, J. X.; Porat, R.; Goren, R.; Goldschmidt, E. E. (2005). Physiological responses of “Murcott” mandarins and “Star Ruby” grapefruit to anaerobic stress conditions and their relation to fruit taste, quality and emission of off-flavor volátiles. *Postharvest Biology and Technology*, 38: 99-105.
 - Sosa, L.; Van de Velde, F.; Pirovani, M. (2012). Aplicación de niveles de oxígeno superatmosféricos en naranjas mínimamente procesadas. *Revista iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(2): 175-180.
 - Tibola, C. S.; Brauer Zaicovski, C.; Barbosa Malgarim, M.; Ferri, V. C.; Peruzzo Ferrareze, J.; Silva, P. R.; Pegoraro, C. (2006). Qualidade e conservação de tangerina minimamente processada. *Maringá*, 28(2): 193-197.
 - Van de Velde, F.; Güemes, D. R.; Plagentini, A. M.; Pirovani, M. E. (2013). Health potential and physicochemical attributes after minimal processing and during refrigerated storage of orange (*Citrus sinensis* L., Osbeck). *International Journal of Fruit Science*, 13: 285-298.
 - Vázquez, D. E.; Meier, G. E.; Ponte, M. (2000). Influence of postharvest curing in “Marsh” grapefruit quality during long-term storage. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 682: 1257-1264.
 - Vera, L.; Paulhe, V.; Ciuccio, J. (2010). Cadena agroalimentaria y mandarina en Entre Ríos. Congreso Argentino de Citricultura. Tucuman.3, 4 y 5 de Junio de 2010.
 - WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2003). Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation: Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Geneva, Italy.
 - Xu, G.; Liu, D.; Chen, J.; Ye, X.; Ma, Y.; Shi, J. (2008). Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry*, 106: 545–551.