



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE NUEVOS MÉTODOS DE CONTROL QUÍMICO PARA ESCALDADO
SUPERFICIAL EN MANZANAS CV. GRANNY SMITH.**

por

DIEGO ANDRÉS PIZARRO CARREÑO.

MEMORIA DE TÍTULO

Presentada a la
Universidad de Talca como
parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Talca-Chile.

2016.

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2019

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Hipótesis	11
1.2. Objetivo general	11
1.3. Objetivos específicos.....	11
2. REVISION DE LITERATURA.....	12
2.1. Superficie y producción de manzanas en Chile	12
2.2. Escaldado Superficial en manzanas cv. Granny Smith	12
2.3. Métodos de control	13
2.4. Nuevos métodos de control	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Antecedentes generales	15
3.2. Tratamientos y almacenaje de la fruta	15
3.3. Evaluaciones.....	16
3.3.1. Madurez	16
3.3.2. Compuestos asociados a ES	17
3.3.3. Evaluación de ES	17
3.4. Diseño y análisis estadístico.....	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1 Evolución de los índices de madurez durante el almacenaje	19

4.1.1 Firmeza de Pulpa	19
4.1.2 Color de piel (-a/b).....	22
4.1.3 Tasa de Producción de Etileno	24
4.1.4 Sólidos solubles	27
4.2 Evolución de los compuestos químicos asociados al desarrollo de ES	27
4.2.1 Antioxidantes Totales	27
4.2.2 Alfa-farneseno	29
4.2.3 Trienos conjugados	32
4.3 Evaluación de escaldado superficial en la fruta.....	36
4.3.1. Incidencia	36
4.3.2. Severidad del daño	39
5. CONCLUSIONES	40
6. BIBLIOGRAFIA	41
7. ANEXOS	44

RESUMEN

Entre los desórdenes más importantes de postcosecha de manzanas se encuentra el escaldado superficial, asociado al daño por almacenamiento en frío y por períodos prolongados afectando la piel de manzanas en un aspecto estético, ocasionando pérdidas considerables a la industria exportadora.

Durante la temporada 2013-2014 se llevó a cabo un estudio para probar productos en base a mezclas de lípidos complejos como método de control del escaldado superficial buscando reemplazar la difenilamina (DPA) en manzanas Granny Smith. La fruta utilizada fue obtenida desde un huerto comercial de la Sociedad Agrícola Alborada, ubicada en camino Los Niches Km. 13, comuna de Curicó, Región del Maule. Los diferentes tratamientos evaluados fueron Testigo, DPA 2000 ppm, mezclas de lípidos complejos formulados al 2%, 3% y 4% respectivamente, mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm; aplicados a través del método de inmersión durante un minuto.

Los tratamientos realizados fueron almacenados bajo dos condiciones en el Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca; en cámaras de Frío Convencional (FC, 0-1°C y 90-95% HR) y Atmósfera Controlada (AC, 1.8-2.0% O₂ y 1.3% CO₂) por 180 días. Para FC se realizaron dos evaluaciones a los 90 y 180 días de almacenaje, en tanto para AC fueron realizadas mediciones a los 120 y 180 días de almacenaje respectivamente. En dichas fechas se evaluaron índices de madurez y compuestos asociados al desarrollo de escaldado como a-farneseno (AF), capacidad antioxidante (AO) y trienos conjugados (TC) 258, 269 y 281, además de incidencia y severidad de escaldado.

Las mediciones de incidencia de escaldado superficial, ejercieron un efecto control al usar los productos en base a mezclas de lípidos complejos, con gran potencial para transformarse en el reemplazante inocuo de la difenilamina, en manzanas.

Las distintas concentraciones evaluadas de prototipos en base a mezclas de lípidos complejos, mantuvieron las características de la fruta en el tiempo, en tópicos como firmeza de pulpa, color de piel y tasa de producción de etileno; en cuanto a los compuestos ligados al desarrollo de ES, mostraron supresión para alfa-farneseno y trienos conjugados 281, durante el tiempo de almacenaje para la condición de FC.

Palabras claves: Manzana, Granny Smith, escaldado superficial, difenilamina (DPA), mezclas de lípidos complejos, etileno, incidencia de escaldado.

ABSTRACT

Among the most important postharvest disorders of apples is the superficial scald (SS) damage associated storage cold and long periods affecting the skin of apples in an aesthetic appearance, causing significant losses to the export industry.

During the 2013-2014 season conducted a study to test products based on complex lipid mixtures as a method of control of superficial scald seeking to replace diphenylamine (DPA) Granny Smith apples. The fruit used was obtained from a commercial orchard of the Agricultural Society Alborada, located in Los Niches road Km. 13, commune of Curicó, Maule Region. The different treatments were Witness, DPA 2000 ppm, complex lipids formulated mixtures 2%, 3% and 4% respectively, mixtures of complex lipids 3% + DPA 300 ppm; applied through immersion method for one minute.

The treatments performed were stored under two conditions Pomáceas Center at the University of Talca; Conventional Cold chambers (CC, 0-1 ° C and 90-95% RH) and Controlled Atmosphere (CA, 1.8-2.0% O₂ and 1.3% CO₂) for 180 days. FC two assessments at 90 and 180 days of storage were made, while for AC measurements were performed at 120 and 180 days of storage respectively. In those dates maturity indices and associated compounds scald development as α -farnesene (AF), antioxidant (AO) and conjugated trienes (CT) 258, 269 and 281, plus blanching incidence and severity were assessed.

Measurements of incidence of superficial scald, exercised control effect when using products based on mixtures of complex lipids, with great potential to become the safe replacement of diphenylamine on apples.

Different concentrations of prototypes evaluated based on mixtures of complex lipids, maintained the characteristics of the fruit in time, on topics such as flesh firmness, skin color and ethylene production rate; regarding compounds related to the development of SS, they showed suppression for α -farnesene and conjugated trienes 281, during the storage time for the FC condition.

Keywords: Apple, Granny Smith, superficial scald, diphenylamine (DPA), mixtures of complex lipids, ethylene, scald incidence.

1. INTRODUCCIÓN

Chile es una larga faja de tierra, con una zona central donde convergen condiciones climáticas ideales para distintos cultivos tanto anuales como frutales. La zona central ha presentado un gran desarrollo del sector frutícola de exportación, es por ello que se requiere buscar elementos que permitan aumentar no tan solo la producción de los cultivos, sino también la calidad de los mismos.

El cultivo del manzano en Chile, representa 36.200 ha, las que corresponden al 12% del total nacional de cultivos frutales del país (ODEPA, 2015). En tanto, la región del Maule posee algo más de 22 mil ha (ODEPA, 2015). Entre las principales variedades se pueden mencionar Royal Gala, Fuji, Red Chief, Fuji raku raku, Scarlett y Cripps Pink, Granny Smith, Golden Smoothee y Golden Delicious (CIREN, 2007).

Entre los desórdenes fisiológicos encontrados en postcosecha de manzanas podemos mencionar escaldado superficial, bitter pit, sunscald o escaldadura por sol y pardeamiento interno. El primero es uno de los más perjudiciales en manzanas y peras de guarda, generando daños en la piel e importantes pérdidas económicas (Curry, 2000; Moggia *et al.*, 2010; Lurie y Watkins, 2012).

El escaldado superficial (ES) es un desorden fisiológico que causa manchas marrones o negras en la piel de manzanas y peras (más bien estético, sin daños en la parte interna), durante o después del almacenamiento en frío, especialmente en cultivares más susceptibles como Granny Smith, Law Rome, Fuji y Delicious (Lurie y Watkins, 2012); es tal vez el desorden de postcosecha que ocasionaría las mayores pérdidas económicas, si no fuera controlado en postcosecha (Curry, 2000). El síntoma aparece, durante almacenaje en frío, debido a la oxidación del alfa-farneseno a trienos conjugados (Zoffoli, 2003; Farneti *et al.*, 2015).

El control de este desorden fisiológico puede ser obtenido con la aplicación de antioxidantes sintéticos, tal como la difenilamina (DPA), 1-metilciclopropano y también tipos de almacenamiento con bajo nivel de oxígeno y alta humedad relativa; dado que el desarrollo de este pardeamiento obedece a un proceso oxidativo (Lurie y Watkins, 2012). La aplicación de DPA es ampliamente utilizada a nivel comercial, ya que proporciona un control efectivo de escaldado durante el almacenaje, pero la exigencia de productos libres de residuos químicos en lugares como el mercado de países europeos, ha limitado su uso a casi cero en países exportadores como Chile (Moggia *et al.*, 2010).

Existen múltiples estudios con productos como aceite de oliva, mantequilla de cocoa y vaselina, los que tendrían un efecto positivo en la reducción del ES. En tanto, los aceites de maní, maravilla y canola lograrían disminuir el ES en cultivares como Granny Smith. Aunque dichos resultados de efectividad varían de acuerdo a como se aplican los productos mencionados; produciendo un efecto de acción menor al necesario para reemplazar el DPA comercialmente (Scott *et al.*, 1995a; Scott *et al.*, 1995b; Lurie y Watkins, 2012).

1.1. Hipótesis

La incidencia de ES en postcosecha de manzanas cv Granny Smith, se reduciría con la aplicación de prototipos en base a mezclas de lípidos complejos.

1.2. Objetivo general

Determinar el efecto anti-escaldante de prototipos en base a mezclas de lípidos complejos en manzanas cv Granny Smith.

1.3. Objetivos específicos

Determinar la efectividad de los prototipos en base a mezclas de lípidos complejos sobre ES en manzanas cv Granny Smith.

Evaluar la respuesta de los prototipos en base a mezclas de lípidos complejos respecto a la calidad de la fruta durante almacenaje.

Evaluar el tipo de almacenaje (FC, AC) y prototipo en base a mezclas de lípidos complejos presentan la mejor combinación que permita reducir el ES.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Superficie y producción de manzanas en Chile

El manzano en Chile es un cultivo importante que posee 36.200 ha plantadas al año 2015, de las cuales un 20% (7.100 ha) corresponden a manzano Granny Smith. La región del Maule concentra cerca de 3.600 ha, siendo junto a la región de O'Higgins las con mayor superficie, superando el 90% en el área de manzanos verdes (ODEPA, 2015).

En cuanto a toneladas exportadas Chile alcanzo las 820 mil, con ingresos proyectados de USD 754 mil; entre los países que más importan la fruta procedente desde Chile, están Estados Unidos, Países Bajos y China que en conjunto se llevan algo más de 1,1 millones de toneladas de fruta fresca (ODEPA, 2015).

El cultivar Granny Smith posee una textura fina, con un tipo de pulpa jugosa, de estilo crujiente y sabor ácido. En nuestro país las cosechas generalmente recomendadas son alrededor de 162-168 días después de plena flor (DDPF), época en que la manzana posee una firmeza de 18 lb, y cerca de 11°Bx en sólidos solubles. Una vez producida la cosecha es posible conservarlas desde 8 a 10 meses, con temperaturas optimas en frio convencional de 1-2° C y condiciones de humedad relativa superiores al 90% (Gil, 2001).

2.2. Escaldado Superficial en manzanas cv. Granny Smith

El escaldado es uno de los desórdenes fisiológicos desarrollados durante almacenaje en frío de manzanas, que se expresa con daños visibles en la piel de la fruta, relacionados con la presencia de manchas de color café (desde tonos claros hasta oscuros) con formas y tamaños irregulares; estas áreas necróticas pueden cubrir varias capas del tejido cortical de la hipodermis, pudiendo ir desde 5 a más capas de piel de las manzanas, afectando la apariencia externa de las mismas (Scott *et al.*, 1995; Moggia *et al.*, 2008; Lurie y Watkins, 2012; Farneti *et al.*, 2015).

Las manzanas de color verde, como Granny Smith presentan la mayor susceptibilidad a escaldado superficial, especialmente cuando proviene de cosechas inmaduras; y que luego son

almacenadas por varios meses en frío, provocando un estrés en la fruta (Scott *et al.*, 1995a; Scott *et al.*, 1995b).

Los diferentes tipos de severidad del ES (leve, moderado y severo) son la expresión de muerte de células ubicadas en el tejido cortical de la hipodermis, y que se manifiestan como daño en la epidermis de la piel de las manzanas. Entre los compuestos que se relacionan con el origen del mencionado daño se encuentran el alfa-farneseno y los trienos conjugados (TC258, TC269 y TC281); el primero es un compuesto que permite la biosíntesis del isopropeno y es base en la síntesis de otros compuestos con funciones de tipo estructural y fisiológico. La oxidación del α -farneseno a trienos conjugados han sido relacionados directamente con el desarrollo de ES (Curry, 2000; Moggia *et al.*, 2008; Lurie y Watkins, 2012).

La ocurrencia del desorden nunca se expresa cuando la fruta está en el árbol, y solo se manifiesta luego de largos períodos de almacenaje, siendo asociado comúnmente a un daño por frío (Curry, 2000; Moggia *et al.*, 2008, Lurie y Watkins, 2012). La inducción del daño ocurre a bajas temperaturas, a raíz de una pérdida en la capacidad de madurar de la fruta, provocando como consecuencia una incapacidad de realizar un intercambio de sustancias entre el interior de la fruta y el medio en el cual se encuentra esto debido a que sus paredes se mantienen rígidas (Gil, 2012;).

2.3. Métodos de control

Por años se llevaron a cabo controles parciales del ES, en donde la fruta que presentaba daño caracterizado como leve, a través de papel con aceite mineral al 15% que se ponía como capa de cobertura de la fruta; sin embargo con los años se encontró que las inmersiones en aceites de castor y goma de laca también reducían el ES, aunque no mostraba ser lo más óptimo por las lesiones que provocaba y los sabores indeseados que imprimía en la fruta. Y fue así como se logró, por medio de sucesivas investigaciones, determinar que la difenilamina entregaba un control efectivo para el ES, en dos formas, por el método de inmersión o de embalaje bajo condiciones de presencia del químico (Scott *et al.*, 1995).

A través del tiempo se logró mostrar que las concentraciones bajas de oxígeno y altas de dióxido de carbono podían también reducir este desorden, pero no tan eficaz a la hora de presentarse un escaldado severo (Scott *et al.*, 1995). En adición a lo anterior, se ha observado que el etanol en forma de vapor puede controlar completamente un ES con daño de tipo severo

en manzanas, lo que permitiría obtener una forma de reemplazo para métodos tradicionales como el DPA o algunos antioxidantes utilizados (Scott *et al.*, 1995).

Sin embargo, a pesar que el DPA genera un control efectivo del escaldado, en el mundo se ha generado una nueva corriente que plantea la erradicación en el uso de compuestos sintéticos para controlar enfermedades y/o desórdenes, ya sea en frutas u hortalizas; lo que finalmente ha originado la necesidad de buscar nuevos métodos de control más naturales, es así como en Europa se prohibió frutas con residuos de este elemento (Curry, 2000; Golding, 2001).

2.4. Nuevos métodos de control

En la búsqueda de nuevos métodos de control que puedan reemplazar el DPA y otros compuestos sintéticos utilizados comúnmente en el control de plagas, enfermedades y/o desórdenes, se han probado desde aceites naturales de palta y oliva, mezclas con solutos que presentan compatibilidad para el consumo humano, hasta nuevos métodos de almacenaje como atmosfera controlada y atmosfera controlada dinámica (Farneti *et al.*, 2015). Siguiendo esta línea se ha probado el uso de atmósfera controlada con baja concentración de oxígeno y tratamientos con 1-metilciclopropano (1-MCP) establecidos a través de estudios como métodos de control eficientes para ES sobretodo en Granny Smith (Zanella, 2003; Farneti *et al.*, 2015).

Sin embargo, se han producido algunos problemas en cuanto a que los compuestos útiles en el control de ES han mostrado ser afectados por el estado de madurez y la uniformidad de calibre en la fruta seleccionada, además de que su acción se vería reducida por la síntesis de compuestos en la piel de las manzanas, los que están estrechamente ligados a la madurez como α -farneseno (Watkins *et al.*, 1995; Jung y Watkins, 2008; Farneti *et al.*, 2015). Por otro lado, los tratamientos basados en mezclas de aceites vegetales como emulsiones de escualeno han mostrado presencia de fitotoxicidad, así como también un problema de eficiencia en cuanto a su duración máxima en el almacenaje (Curry, 2000).

Debido a lo anterior, es que se ha generado una importante búsqueda por encontrar algo que permita preservar la fruta sin daños, por más tiempo, llegándose a la conclusión en algunos estudios que lo importante es manejar las condiciones de almacenaje en frío, ya que esto es un factor preponderante a la hora de preservar la calidad y disminuir las pérdidas de fruta en postcosecha (Moggia y Pereira, 2007).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Antecedentes generales

Para el ensayo se utilizaron manzanas cv Granny Smith (*Malus domestica Borkh*), provenientes de un huerto comercial de la Sociedad Agrícola Alborada, ubicada en camino Los Niches Km. 13 perteneciente a la comuna de Curicó, Región del Maule (35°04'52,52" S., 71°08'26,75" O, 324 msnm).

La fruta fue cosechada durante el mes de marzo de 2014 (aproximadamente 170 DDPF), y existió la preocupación de que fuese homogénea en cuanto a calibre y sin signos de algún daño previo.

3.2. Tratamientos y almacenaje de la fruta

Los tratamientos utilizados durante el ensayo se pueden más abajo (ver Cuadro 3.2.1.), las aplicaciones para estos, fueron llevadas a cabo durante los meses de Marzo-Abril, en el Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, a través de un proceso de inmersión en bandejas plásticas de las manzanas, en cada una de las soluciones propuestas.

Cuadro 3.2.1. Tratamientos evaluados en manzanas cv. Granny Smith. Temporada 2014.

Tratamientos	Dosis (g/L)	Almacenaje (días)	
Testigo (T0)	0	Frío Convencional (FC)	Atmosfera Controlada (AC)
DPA 2000 ppm	2		
Prototipo D 2%	20		
Prototipo D 3%	30		
Prototipo D 4%	40		
Prototipo D 3% + DPA 300 ppm	30 + 0,3		
		90	120
		180	180

Posterior a la realización de los tratamientos la fruta fue guardada en las cámaras de frío del Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca; bajo dos condiciones, Frío Convencional (FC) a 0-1°C y 90-95% HR; y Atmósfera Controlada (AC) a 1.8-2.0% O₂ y 1.3% CO₂ (Cua.)dro 3.2.1

Se llevaron a cabo tres repeticiones de 50 frutos cada una por tratamiento, previamente identificados, los cuales fueron evaluados en las fechas establecidas, según lo indicado en el Cuadro 3.2.1.

3.3. Evaluaciones

3.3.1. Madurez

Las evaluaciones se llevaron a cabo en el periodo de postcosecha y luego de un tiempo de almacenaje de 90 y 180 días para la condición de Frio Convencional, y de 120 y 180 días para Atmosfera Controlada; para las mediciones se utilizó una muestra de 189 de frutos. Como parte del protocolo los principales índices de madurez evaluados fueron:

Color de Piel: a través del uso de un colorímetro marca Minolta, modelo CR-200, el cual mide valores L (luminosidad), a (tonos rojos a verdes) y b (tonos amarillos a azules).

Firmeza de pulpa: se realizó la remoción de la piel de las manzanas en los lados opuestos de la zona media, luego a través de un equipo FTA, modelo GS14, se procedió a tomar la firmeza con un vástago en acero de 11 mm de diámetro.

Sólidos Solubles (°Brix): se midieron a través de un refractómetro marca ATAGO, al cual se le proporcionó una pequeña cantidad de extracto de jugo obtenido de la manzana.

Índice de Almidón: las manzanas fueron cortadas de manera transversal, para la posterior aplicación de una solución de Lugol (Yoduro de potasio), para luego por medio de una escala visual específica para manzana Granny Smith, determinar el grado de tinción, estableciendo con ello la presencia de almidón en la fruta.

Tasa de producción de etileno (TPE): se emplearon 3 repeticiones de 3 frutos cada una, las que eran realizadas a cada salida de fruta desde almacenaje, considerando dos momentos, la primera inmediatamente post-salida luego de un día de temperatura ambiente y una segunda medición luego de 7 días a temperatura ambiente. Esto medido a través de mini-cámaras de acrílico por una hora, luego se extraían muestras de aire desde el interior con jeringas de 1 ml. Posteriormente, estas muestras fueron analizadas a través de cromatografía gaseosa, con un equipo cromatógrafo de gases marca HP, serie II modelo 5890, provisto de

una columna Porapak Q, a 80°C, con helio como gas transportador y un detector de ionización de llama (FID).

3.3.2. Compuestos asociados a ES

La estimación de compuestos químicos asociados a escaldado superficial, presentes en la piel de la fruta, se realizó a través de la técnicas de medir compuestos como alfa-farneseno, capacidad antioxidante y los trienos conjugados (258, 269 y 281).

Lo anterior se realizó extrayendo discos de 1 cm² de la piel de la zona ecuatorial del fruto, los que fueron pinchados con jeringas y sumergidas en n-hexano (25 ml por 3 minutos). Alícuotas de esta solución se analizaron en un espectrofotómetro Milton Roy 1201, obteniéndose valores de absorbancias de 200 nm para AO, 232 para AF y 258, 269 y 281 para Tc.

3.3.3. Evaluación de ES

Se evaluó en forma visual la incidencia y severidad en el desarrollo del escaldado superficial a cada una de las salidas del almacenaje, luego de 7 días a temperatura ambiente (20°C); empleando 3 repeticiones de 50 frutos cada una.

La incidencia se determinó cuantificando el número de frutos afectados, dividido por el total de cada repetición, para luego ser expresado como valor porcentaje.

La severidad se midió empleando una escala de evaluación acorde al grado del daño, como porcentaje de acuerdo a la superficie de la piel afectada por escaldado; lo que se clasificó como Leve (cobrimiento entre 1 y 25%), Moderado (26 a 50%) y Severo (> a 50%).

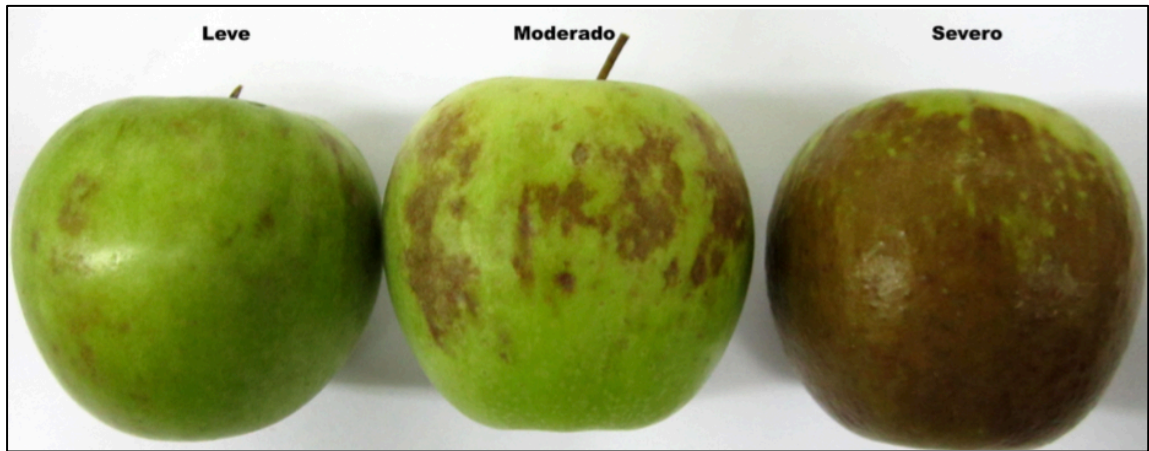


Figura 3.3.1. Escala de severidad de ES, en manzanas cv Granny Smith (Imagen tomada y adaptada del Centro de Pomáceas).

3.4. Diseño y análisis estadístico

Se estableció para este ensayo un diseño completamente al azar (DCA), con 6 tratamientos (T0, T1, T2, T3, T4 y T5), con 3 repeticiones cada uno.

Todos los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANDEVA), para verificar la existencia de posibles diferencias entre los tratamientos. Existiendo las diferencias, se separó las medias mediante test de Tukey (HSD, valor $p \leq 0.05$).

Por otro lado los datos no paramétricos (índice de almidón), la separación se realizó con test de Kruskal Wallis (valor $p \leq 0.01$).

Todos los análisis fueron realizados mediante el programa Statgraphics Centurion XVII, versión 17.1.06.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evolución de los índices de madurez durante el almacenaje

4.1.1 Firmeza de Pulpa

Después de 90 días de almacenaje se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en FC, las cuales se mantuvieron después de 7 días a temperatura ambiente. Para ambas fechas se observó que todos los tratamientos con Prot. D estuvieron sobre las 16 lb en comparación al Testigo y DPA 2000 ppm, que tanto para 90 y 90 + 7 registraron valores de firmeza menor a 16 lb. En tanto, para 180 días de almacenaje el Testigo registró 13,1 lb, DPA 2000 ppm 13,9 lb y todos los tratamientos en base a Prot. D superaron las 16 lb; mientras que en 180 + 7 días se observó una variación respecto a que DPA 2000 ppm registró 16,8 lb siendo levemente superior, pero estadísticamente sin diferencias con los tratamientos Prot. D 2 y 4%, e inferior y estadísticamente relacionado con los mayores valores Prot. D 3% (17,2 lb) y Prot. D 3% + DPA 300 ppm (17,3 lb) (Figura 4.1.1.1).

Para el índice de madurez firmeza, se pudo apreciar que en el tratamiento Testigo los frutos presentaron aumentos en la maduración, reflejados en valores de firmeza de pulpa menores, pasando por ejemplo en condición FC, desde 14,7 lb a 13,0 lb, para 90 y 180 días de almacenaje respectivamente. En tanto, para AC dicha variación fue menor a un 0,1%, mostrando una permanencia en la firmeza de la fruta, variación que para el caso de la fruta tratada con DPA 2000 ppm fue muy parecida porcentualmente para las mismas fechas (<0,1%) (Figura 4.1.1.1).

Durante el almacenaje ocurrió una pérdida de firmeza en el tratamiento Testigo, en la condición FC, transcurrido el tiempo de almacenaje, Erkan *et al.* (2004) en su estudio utilizó una condición de almacenaje similar a la usada en este ensayo (FC: 0°C), donde obtuvo que la firmeza de la pulpa en manzana cv. Granny Smith fue disminuyendo durante la guarda, muy similar a lo mostrado en la figura 4.1.1.1, donde los tratamientos decrecieron desde los 90 hasta los 180 días de almacenaje.

En el caso de DPA 2000 ppm para la condición de FC registró su valor de firmeza más elevada a los 90 días, disminuyendo en más de 2 lb hasta los 180 días de almacenaje y junto con ello la calidad de la fruta.

Para FC se pudo ver que tanto en 90 días como en 180 días de almacenaje, los tratamientos Testigo y DPA 2000 ppm difieren en comparación a los otros, dando como resultado menores valores de firmeza, y que se refleja en las altas diferencias significativas del análisis estadístico, lo cual fue en desmedro de un buen almacenaje de la fruta (Figura 4.1.1.1). Esta diferencia a través del tiempo de almacenaje es similar a lo reportado por Moggia *et al.* (2008) en su estudio probando sistemas de enfriamiento y 1-MCP para determinar la incidencia de ES en manzanas 'Granny Smith', quién encontró para el tratamiento sin 1-MCP una disminución en el tiempo de almacenaje hasta los 6 meses, mientras que el tratamiento con 1-MCP actuó de manera parecida a los de Prot. D (Figura 4.1.1.1) con una mantención de la firmeza de la fruta durante el almacenaje a largo plazo. A los 6 meses de almacenaje se pudo observar que el Prot. D 3% es el que muestra la menor variación negativa en la firmeza, pudiendo ser considerado el mejor en cuanto a evitar un avance de la maduración de la fruta durante periodos de almacenaje.

Por otro lado, la condición AC fue la que registró el menor avance en cuanto a la maduración de la fruta en guarda, lo anterior demostrado, por valores más simétricos de firmeza de pulpa, que se mantuvieron a través del tiempo considerando de 90 a 120 días de almacenaje, esto es muy similar a lo encontrado por Erkan *et al.* (2004) donde los tratamientos que fueron usados en dicho estudio mantuvieron los valores de firmeza de la fruta estables a través del almacenaje. En el caso de este ensayo se debe mencionar que el tratamiento Prot. D 4% puede ser considerado como el más óptimo, por los mejores resultados de valores de firmeza obtenidos a los 180 días de almacenaje, de 18,3 lb, respecto a los otros tratamientos con Prot. D.

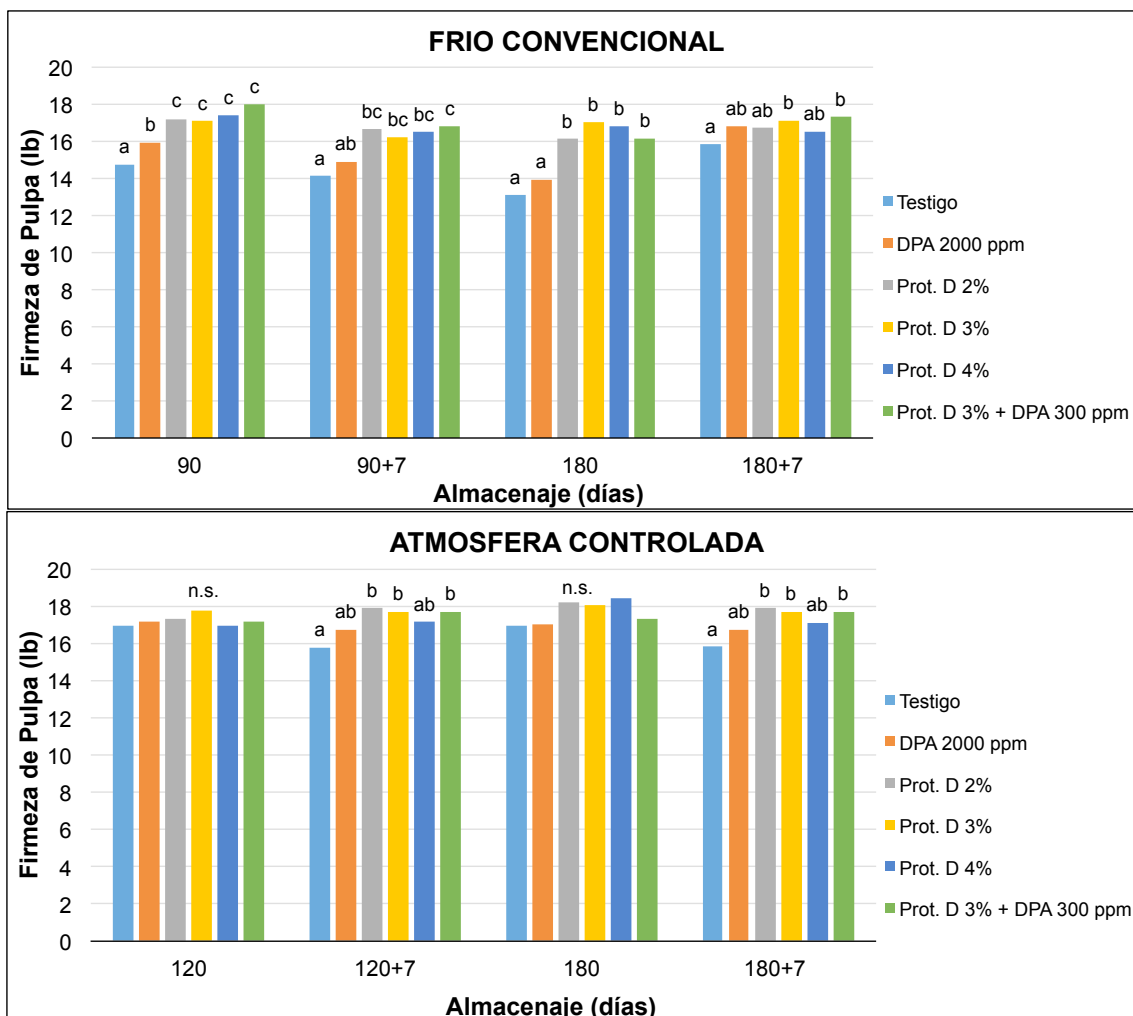


Figura 4.1.1.1: Firmeza de pulpa (lb) de manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje Frio Convencional: con 4 fechas de mediciones; y Atmosfera Controlada: con 4 fechas de mediciones. Huerto Sociedad Agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).

4.1.2 Color de piel (-a/b)

En la figura 4.1.2.1 para la condición FC, se pudo observar que no existieron grandes variaciones en cuanto al color de piel para la fruta tratada, la mayor pérdida de color de piel en la fruta se dio luego de expuesta a 7 días a temperatura ambiente, ya sea para las evaluaciones de 120 y 180 días de almacenaje respectivamente. Además se observó que el tratamiento Testigo registró la mayor pérdida de color de piel en la mayoría de las evaluaciones realizadas a lo largo del almacenaje, en tanto que los tratamientos que mejor mantuvieron el color durante el almacenaje fueron DPA, Prot. D al 2 y 3% y la mezcla de Prot. D 3% + DPA 300 ppm (Figura 4.1.2.1).

Para AC no ocurrió exactamente lo mismo, ya que no se observó tendencia a la pérdida de color de piel en la fechas evaluadas, sino más bien una mantención; en vista de lo anterior se debe mencionar que la fruta que mantuvo una mejor coloración de la piel durante el almacenaje, fueron Prot. D 2% y la mezcla de Prot. D 3% + DPA 300 ppm (Figura 4.1.2.1), lo anterior se condice con lo reportado por Ju y Curry (2000); y Figueroa (2013), quienes realizaron pruebas con aceites vegetales para controlar el ES, obteniendo una mejor respuesta en los tratamientos basados en aceites, mostrando fruta con mejor coloración verde durante el período de almacenaje, resultando ser más efectivos que los tratamientos con base en DPA.

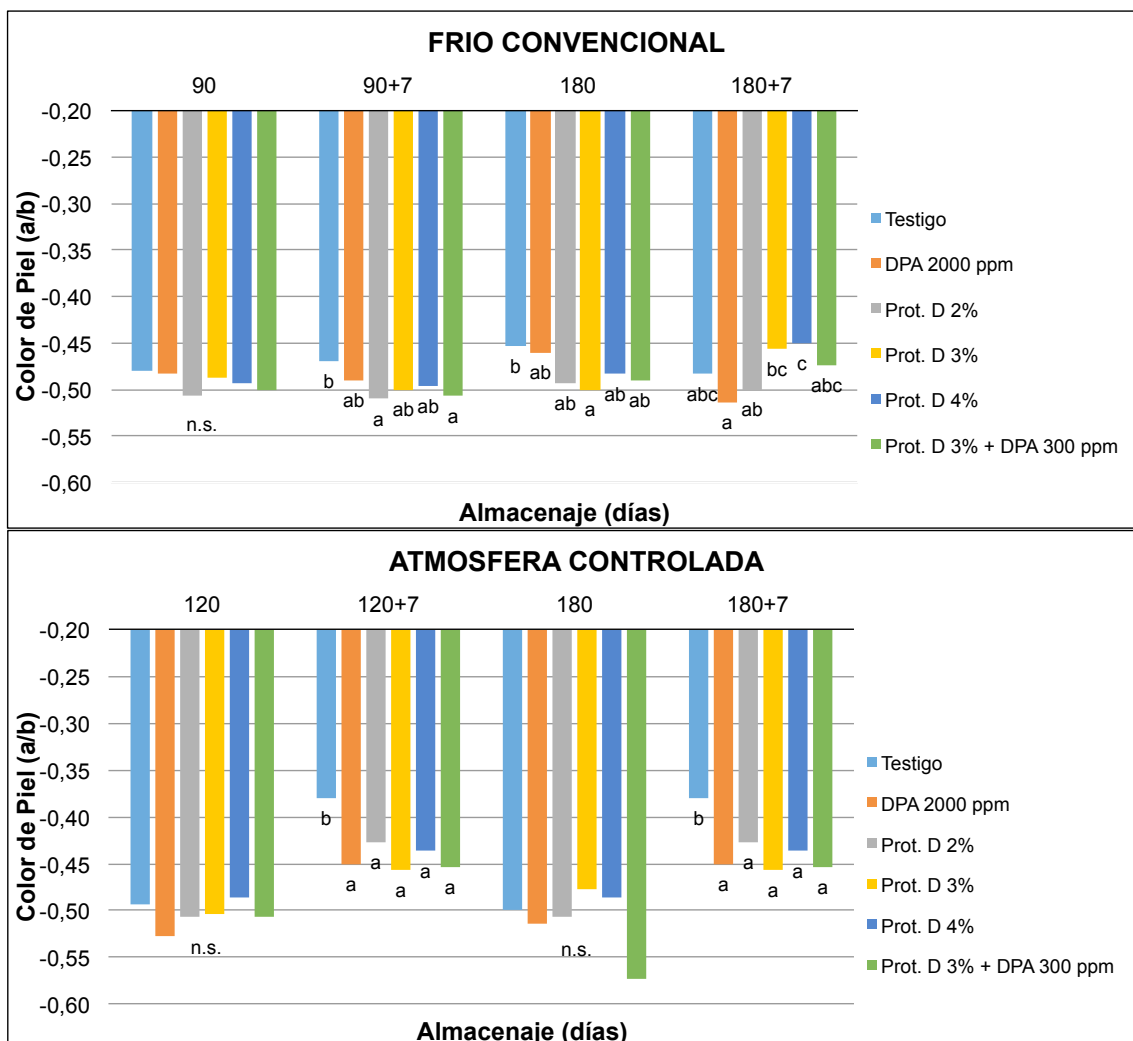


Figura 4.1.2.1: Color de Piel (a/b) de manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje Frio Convencional: con 4 fechas de mediciones; y Atmosfera Controlada: con 4 fechas de mediciones. Huerto Sociedad Agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).

4.1.3 Tasa de Producción de Etileno

La tasa de producción de etileno (TPE), bajo la condición de FC, registró el valor máximo a los 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente para el tratamiento Testigo con 40,2 ($\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$), cabe mencionar que Testigo siempre registró los valores más altos superando a todos los tratamientos (Figura 4.1.3.1).

Para todas las fechas evaluadas en FC, los 4 tratamientos con Prot. D no presentaron diferencias estadísticas entre ellos, mostrando Prot. D 4% ser el más efectivo en la disminución de la TPE en la fruta a diferencia de Testigo o DPA 2000 ppm (Figura 4.1.3.1).

En tanto, para la condición AC se observa que Testigo fue siempre superior en TPE a todos los tratamientos con Prot. D, para todas las fechas de mediciones, demostrándose a través de las diferencias estadísticas con los demás tratamientos; sin embargo es importante mencionar que Prot. D 2% en 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente, registró el valor más alto de TPE con 20,5 ($\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$), valor que difiere estadísticamente hablando respecto de lo registrado para Prot. D al 3 y 4% (Figura 4.1.3.1).

La figura 4.1.3.1, muestra que en FC, a los 90 días de almacenaje, los tratamientos aplicados, presentaron tasas de producción de etileno muy similares a las encontradas por Moggia *et al.* (2010), donde evaluó los efectos del 1-MCP en compuestos relacionados al ES, en dicho estudio se observó que a través del almacenaje, la fruta control presentaba los valores más altos de TPE respecto a los demás tratamientos. Es por ello que considerando lo anterior y siguiendo la misma tendencia, el presente estudio mostró que la fruta tratada con Prot. D obtuvo TPE más bajas que la fruta tratada con DPA, así también la fruta tratada con DPA presentó menores TPE que la fruta testigo (Fig. 4.1.3.1).

Para la fruta tratada y almacenada en condición de FC, se obtuvo que el Prot. D 4% fue la formulación más efectiva para disminuir la TPE, para las evaluaciones de 90 y 180 días de almacenaje, en comparación con el resto de las concentraciones de Prot. D y el tratamiento Testigo. Mientras que para el caso de la condición AC, ocurrió una similitud, ya que el mismo tratamiento Prot. D 4% fue el más efectivo en todas las evaluaciones, obteniendo los menores valores de TPE. Cabe destacar que el tratamiento a base de DPA presentó siempre más de un 60% menos de efectividad en comparación a Prot. D 4%, y estuvo además siempre por debajo en efectividad respecto a las demás concentraciones de Prot. D, esto es 2 y 3% respectivamente. De lo anterior se puede rescatar, que para cualquiera de las concentraciones

de Prot. D, estas resultarán más efectivas que el DPA en el control de la TPE, lo que se podría traducir en una menor expresión de ES.

En términos generales, en cuanto al uso de aceites para el control de escaldado, se puede mencionar que Ju y Curry (2000) obtuvieron resultados similares, respecto a la TPE, donde el tratamiento con mayor concentración de producto fue más efectivo, como es el caso en la condición FC a los 180 y 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente; además en la condición AC también se dio como resultado que la mayor efectividad para disminuir la TPE fue de Prot. D 4%, seguido de la concentración de 3% y 2%, respectivamente, para las mediciones de los 120 y 180 días de almacenaje y 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente (ver Figura 4.1.3.1). Lo anterior coincide con lo observado por Ju y Curry (2000a), respecto al uso de la DPA, el cual es menos efectivo respecto a los tratamientos con Prot. D (2, 3 y 4%). Esto a raíz de que se ha observado que el aceite actúa como una capa en la piel de las manzanas que impide la evaporación del α -farneseno (principal implicado en la biosíntesis del etileno), lo que implicaría que las mediciones de TPE realizadas a la fruta entreguen valores menores respecto a otros tratamientos realizados (Ju y Curry, 2000).

La TPE del Testigo y DPA 2000 ppm mostraron valores superiores y aumentos progresivos para todas las fechas evaluadas y para ambas condiciones FC y AC. Lo anterior, concuerda con lo reportado por Moggia *et al.* (2010) que en su ensayo registro aumentos de la TPE para el tratamiento control y DPA a partir del segundo mes de almacenaje.

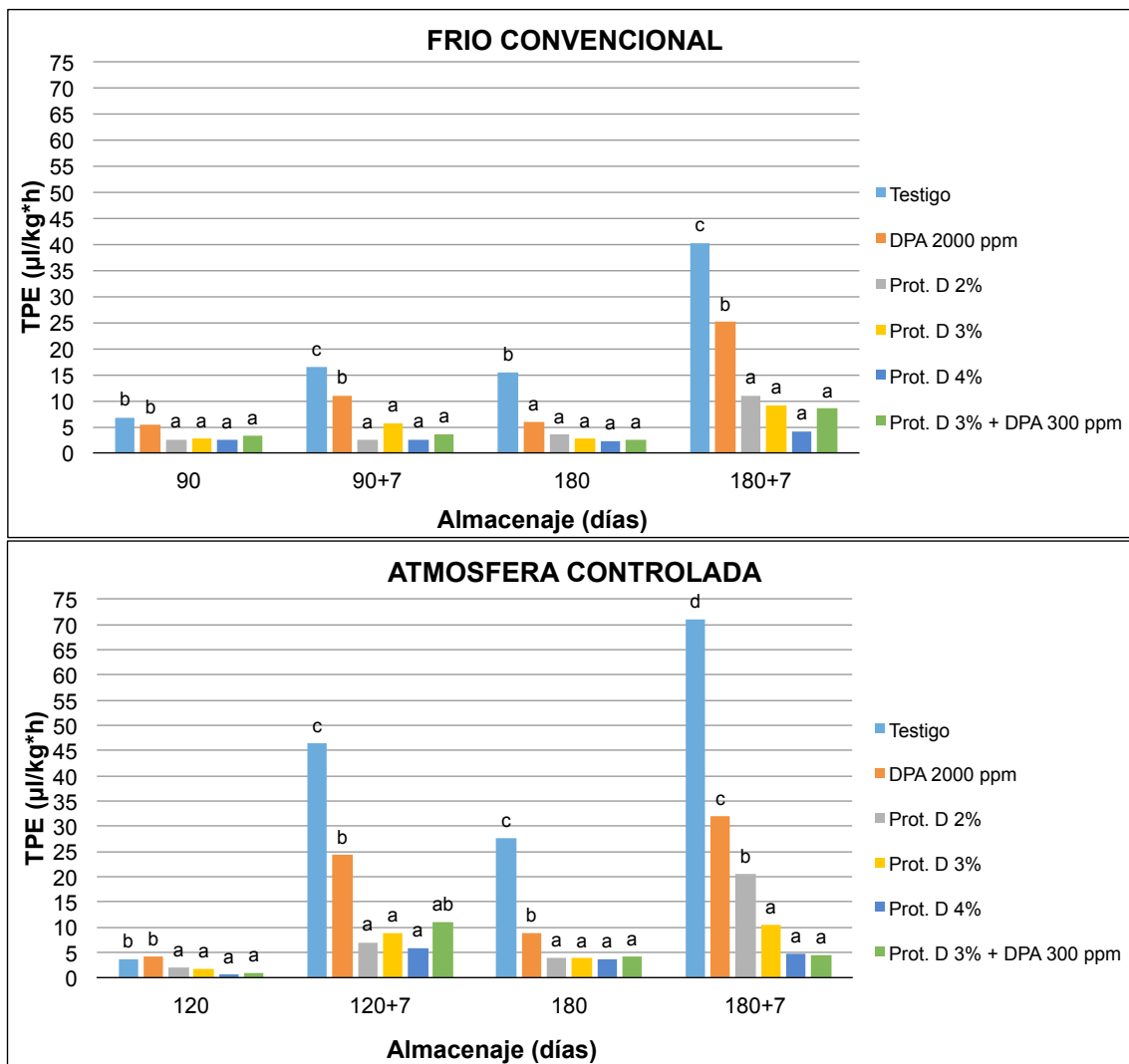


Figura 4.1.3.1: Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$) de manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje Frío Convencional: con 4 fechas de mediciones; y Atmosfera Controlada: con 4 fechas de mediciones. Huerto Sociedad Agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).

4.1.4 Sólidos solubles

Los sólidos solubles (SS) durante el período de almacenaje, no presentaron variaciones considerables en sus valores para los diferentes tratamientos evaluados en este estudio (Ver Anexo 1, Cuadro 7.1).

4.2 Evolución de los compuestos químicos asociados al desarrollo de ES

4.2.1 Antioxidantes Totales

Para FC, la capacidad antioxidante disminuyó en el tiempo, a partir de los 3 meses de almacenamiento, más de un 50% para todos los tratamientos realizados. Es importante mencionar que al final de las evaluaciones solo Testigo y DPA 2000 ppm mantuvieron una alta capacidad antioxidante y Prot. D 4% era el con menor actividad (Figura 4.2.1.1).

Por otra parte, los tratamientos bajo la condición de AC mostraron una correlación opuesta pasando de valores bajos a valores más altos en 180 días de almacenaje.

En cuanto a AO, las variaciones en su concentración en la piel de manzanas Granny Smith se presentó en FC a los 180 días y para AC tanto en las evaluaciones de 120 como las de 180 días de almacenaje (Figura 4.2.1.1). Para la condición FC el mayor valor lo registró el Prot. D 3% con un valor de 200,7 nmol/cm², a pesar de que no se dieron diferencias estadísticas con los demás tratamientos dentro de la evaluación de los 90 días de almacenaje; para los 180 días el valor más alto lo registraron el T0 y DPA 2000 ppm no siendo estadísticamente diferentes (Figura 4.2.1.1). Por otra parte la condición de AC mostró para los 120 días al tratamiento Prot. D 3% + DPA 2000 ppm con los valores más altos de AO y que se vio reflejado en las diferencias estadísticas registradas con los demás tratamientos; para la evaluación de 180 días de almacenaje se observó un aumento general en la concentración de AO respecto a la evaluación anterior (120 días), donde se observaron los valores más altos de AO en el tratamiento Prot. D 3% (Figura 4.2.1.1).

Para poder en cierta medida explicar lo ocurrido en la condición AC, podemos mencionar a autores como Du y Bramlage (1993), según los cuales el aumento de los AO

durante almacenaje, estaría dado por un avance en el proceso de madurez de la fruta, y que productos a base de aceites naturales provocarían un retraso en este normal avance, generando resultados de menores valores para AO.

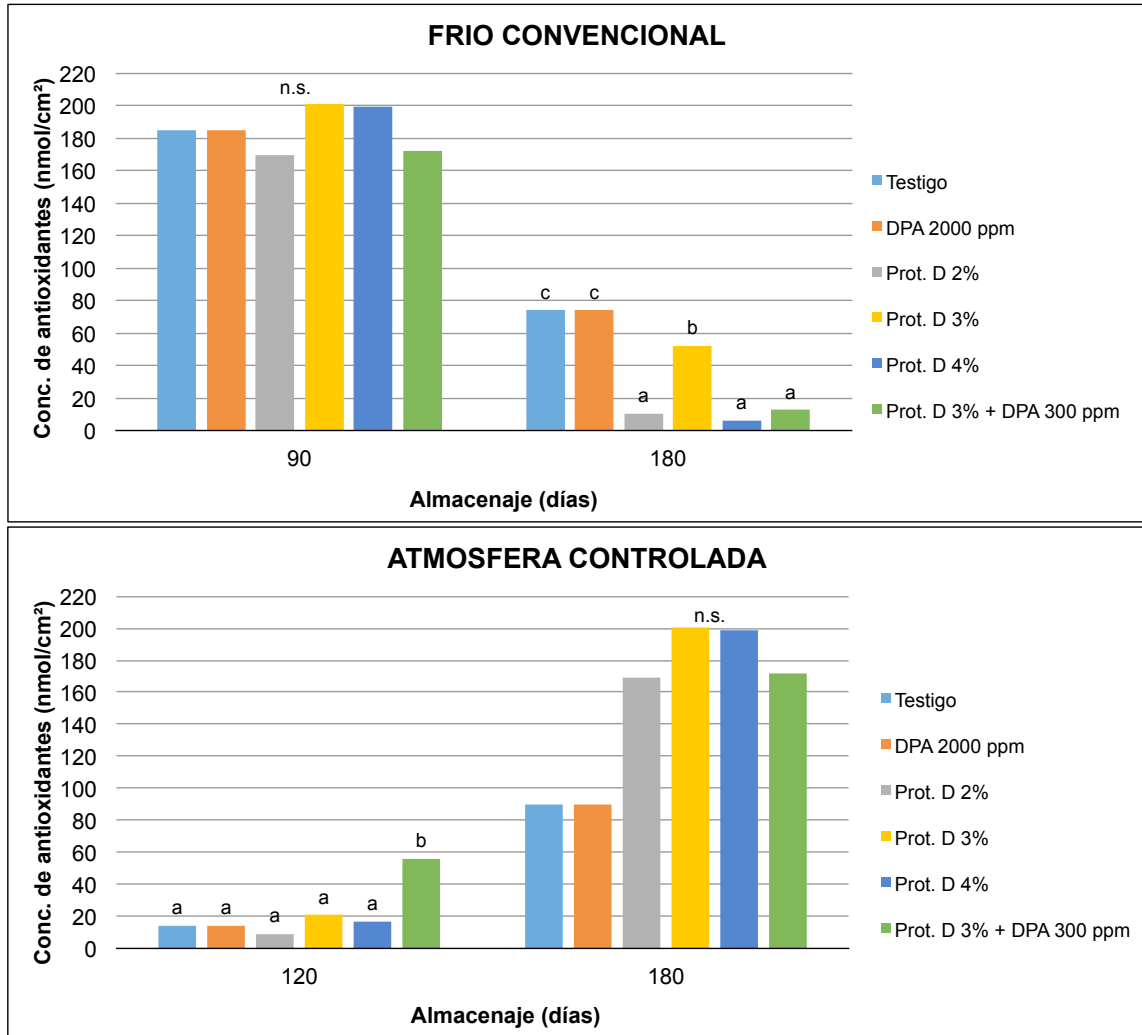


Figura 4.2.1.1: Concentración de antioxidantes totales (nmol/cm²) de manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje Frío Convencional: con 4 fechas de mediciones; y Atmosfera Controlada: con 4 fechas de mediciones. Huerto Sociedad Agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s.: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).

4.2.2 Alfa-farneseno

En FC, a los 90 días de almacenaje se observó que Testigo y DPA 2000 ppm presentaron los valores más altos por sobre los 100 nmol/cm², luego en un periodo hasta los 180 días de almacenaje dichos valores cayeron drásticamente no solo para los tratamientos mencionados anteriormente, sino que para todos, con un peak de registro para DPA 2000 ppm de 48,9 nmol/cm², valor superior en más de 5 veces al resto de los tratamientos. La condición AC, en tanto, mostró un aumento de los valores de α -farneseno para cada uno de los tratamientos por separado, registrando en ambas mediciones DPA 2000 ppm, los valores más altos (Figura 4.2.2.1). Autores como Isidoro y Almeida (2006), han planteado la hipótesis que el α -farneseno en frutas que son tratadas con DPA 2000 ppm, muestra valores de concentración más altos que los desarrollados en frutas sin tratamientos con este compuesto.

Los tratamientos con Prot. D, respecto de DPA 2000 ppm y Testigo mostraron reducir la acumulación de α -farneseno; para el caso de FC, a los 90 días la dosis de Prot. D 2% con 67,4 nmol/cm² fue la que registró la menor concentración de α -farneseno y a los 180 días de almacenaje fue la concentración de Prot. D 3% con 3,1 nmol/cm², levemente superior a Prot. D 2% que en esta evaluación registro 3,2 nmol/cm² de concentración de α -farneseno. Por otro lado en AC, los roles de efectividad se invirtieron, siendo Prot. D 3% menor a los 120 días de almacenaje, a los 180 días, se debe hacer una salvedad, ya que respecto del Testigo, tanto DPA 2000 ppm como todos los Prot. D registraron una mayor concentración de α -farneseno superior a 60 nmol/cm².

El α -farneseno disminuyó entre los 90 y 180 días de almacenaje en FC (Figura 4.2.2.1), similar a lo que observó Bauchoy y John (1996); Du y Bramlage (1993); Figueroa (2013), en sus respectivos estudios donde α -farneseno, se acumuló durante los 3 a 4 primeros meses de almacenamiento y luego decreció en el tiempo a través de los demás meses de guarda. Esta disminución según Lurie y Watkins (2012), sería debido a la oxidación que sufriría el AF en su ruta de síntesis normal para pasar a TC.

En FC a los 90 días de almacenaje el Testigo registró el valor más alto de concentración de α -farneseno con 129,8 nmol/cm² y que luego disminuyó drásticamente en la evaluación de 180 días de almacenaje; similar a Moggia *et al.* (2010) que obtuvo en su estudio el mayor registro de concentración a los 3 meses de almacenaje en el tratamiento control y que luego decreció a lo largo del periodo de almacenaje hasta los 6 meses.

Por el mismo lado, la fruta en FC, con tratamientos Prot. D al 2 y 4%, con 67,4 y 73,7 nmol/cm² respectivamente, para los 90 días de almacenaje, fueron los tratamientos con menores valores de concentración de α -farneseno respecto de los demás tratamientos con prototipo y DPA (Figura 4.2.2.1). Lo anterior, fue descrito antes por Contreras *et al.* (2008), en donde bajo un tratamiento con 1-MCP la fruta utilizada registró la menor concentración de α -farneseno a los 3 meses de almacenaje. Por otro lado, a los 180 días de almacenaje, los tratamientos evaluados con Prot. D en sus diferentes concentraciones, presentaron similitud estadística, con valores de α -farneseno relativamente constantes y muy menores respecto de los demás tratamientos; sin embargo, el tratamiento que registró el mayor valor para α -farneseno fue DPA 2000 ppm con 48,9 nmol/cm², y cabe mencionar ante esto, que existe una correlación con lo que encontró Moggia *et al.* (2010), donde el DPA se mantuvo constante durante los 5 primeros meses de almacenaje y luego en el sexto mes disminuyó drásticamente, pero sin lograr ser el más efectivo.

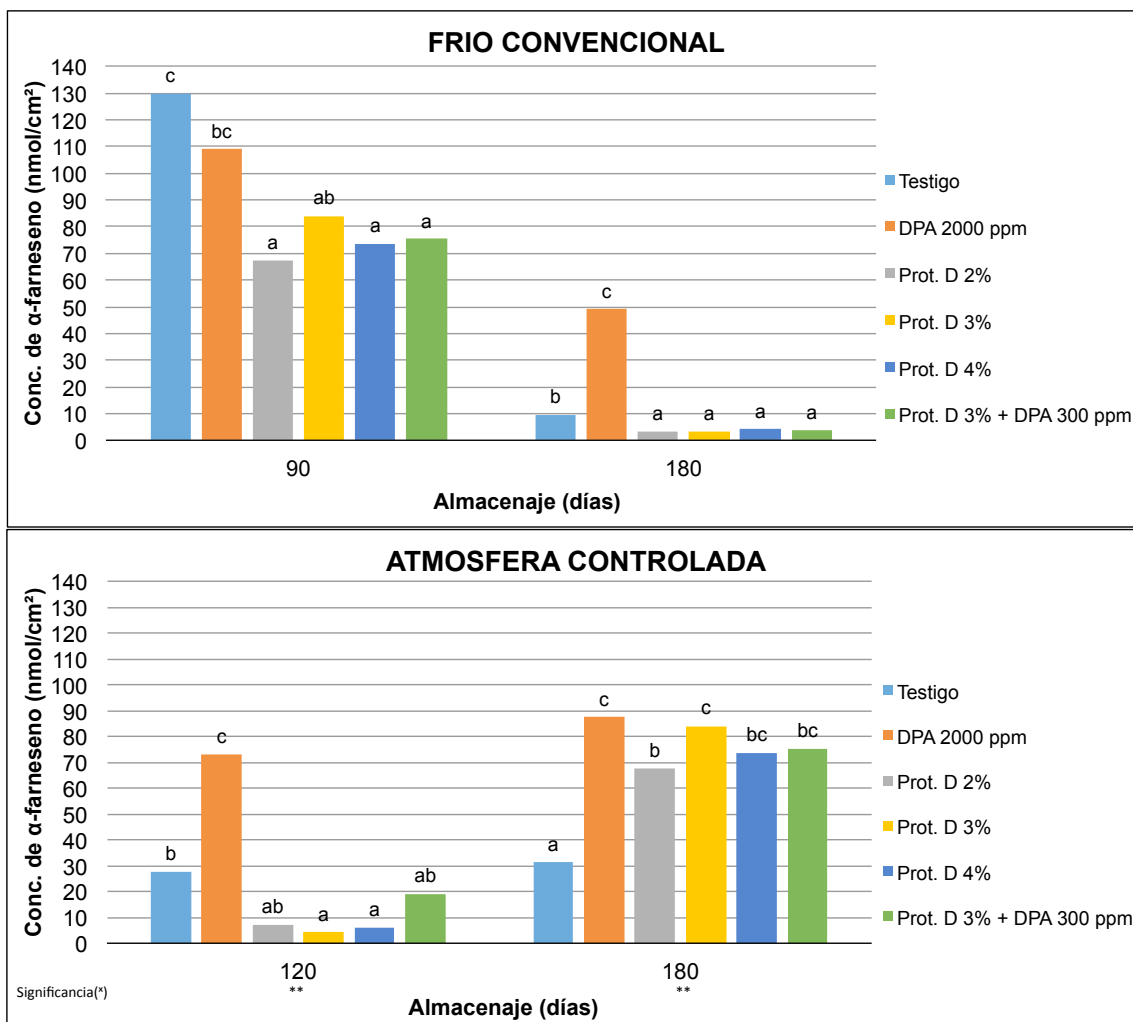


Figura 4.2.2.1: Concentración de α -farneseno (nmol/cm²) de manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje Frío Convencional: con 4 fechas de mediciones; y Atmosfera Controlada: con 4 fechas de mediciones. Huerto Sociedad Agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).

4.2.3 Trienos conjugados

Para TC258, durante el almacenamiento en FC, a los 90 días, el Testigo registró el mayor valor, y luego a los 180 días se observó, una disminución uniforme para todos los tratamientos realizados con DPA 2000 ppm como mayor valor de este trienio en la última evaluación. Por el lado de AC los valores fueron opuestos, en el sentido que a los 120 días de almacenaje fueron valores menores a 5 nmol/cm², y a los 180 días los valores fueron muy superiores, eso si es necesario hacer una observación, en cuanto a que Testigo y DPA no registraron un alza significativa respecto de los demás tratamientos con Prot. D en sus distintas concentraciones.

Los TCs 258 y 269 disminuyeron durante el período de almacenaje para la condición FC, para todos los tratamientos realizados, dentro de lo mismo, DPA 2000 ppm a los 90 días de almacenaje obtuvo la menor concentración tanto para TC 258 como para TC 269, lo mencionado anteriormente discrepo con lo registrado a los 180 días de almacenaje, donde DPA 2000 ppm fue el tratamiento con mayor síntesis estos trienios. En esta última fecha de evaluación todos los tratamientos a base de Prot. D mostraron similitud, con un mayor grado de efectividad respecto de DPA 2000 ppm al momento de reducir la síntesis de dichos trienios (Figura 4.2.3.1). En la misma línea, Figueroa (2013), en la búsqueda de métodos alternativos para el control del ES en base a aceites naturales, registró para TC 258 y TC 269 una situación opuesta, ya que la concentración de ambos creció durante el tiempo de almacenaje.

Para el caso de TC281 en AC, se registró algo similar a lo encontrado por Moggia *et al.* (2010), esto se refiere a que DPA 2000 ppm presentó menores valores a los 180 días de almacenaje que los demás tratamientos evaluados, siendo más efectivo a la hora de reducir la síntesis de TC281.

El tratamiento DPA 2000 ppm, para TC281 incrementó en el tiempo de almacenaje en la condición FC (fig. 4.2.3.3), situación muy similar a lo descrito por Du y Bramlage (1993), donde en manzanas 'Cortland' con aplicaciones de DPA, obtuvo que TC281 aumentaba en el tiempo de almacenaje bajo una condición de 0°C.

Para las figuras 4.2.3.1; 4.2.3.2 y 4.2.3.3, en condición de almacenaje de AC, se obtuvo algo similar a lo obtenido por Bustamante (1998), cuyo ensayo bajo dos condiciones de FC y AC en la búsqueda de otros métodos para controlar el ES, donde también se obtuvieron valores de AF y de todos los trienios evaluados mayores a los de la condición FC para todos los tratamientos llevados a cabo, luego de cinco meses de almacenaje.

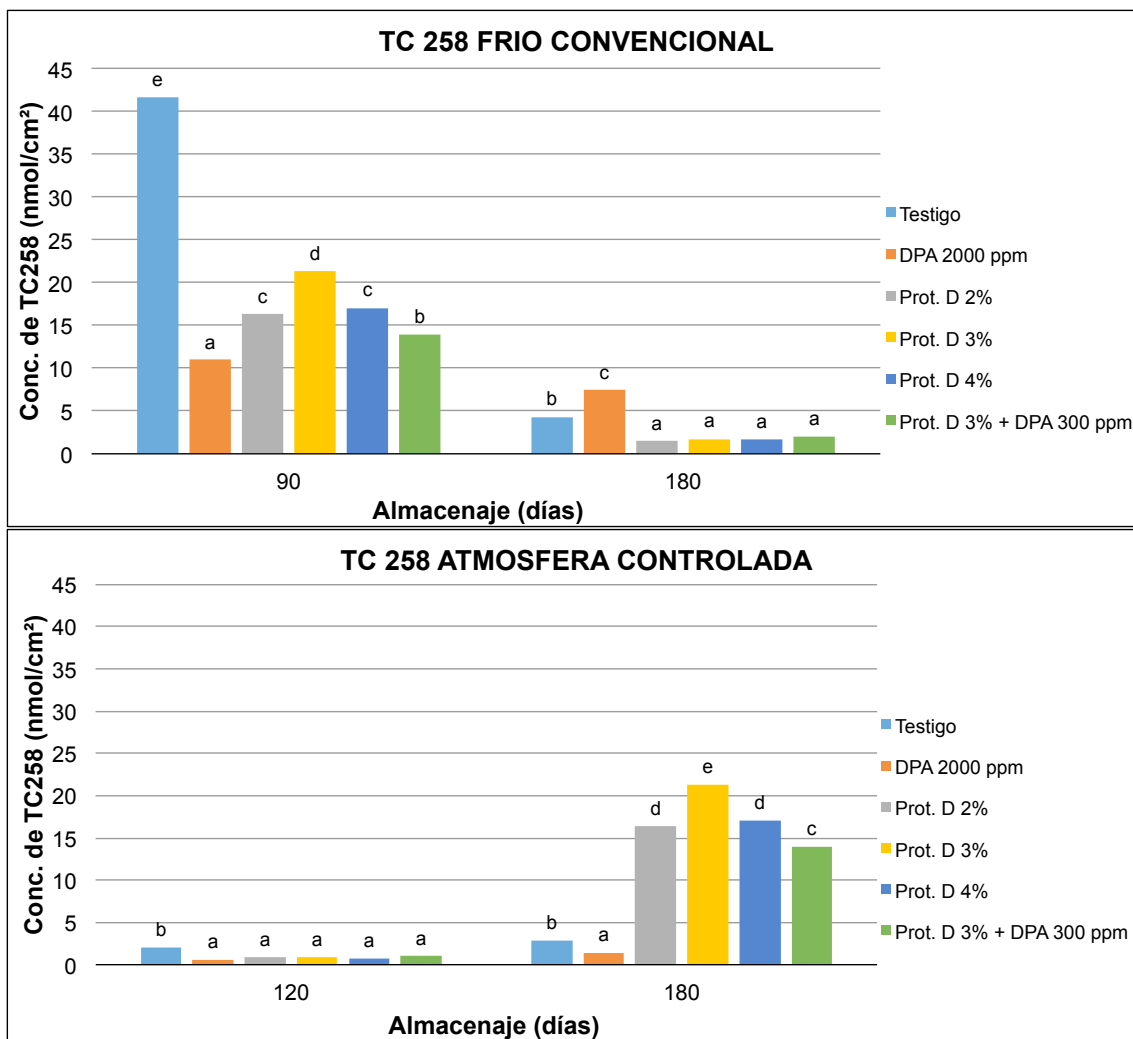


Figura 4.2.3.1: Concentración de trienos conjugados 258 (TC258) (nmol/cm²) de manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje Frío Convencional: con 4 fechas de mediciones; y Atmosfera Controlada: con 4 fechas de mediciones. Huerto Sociedad Agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).

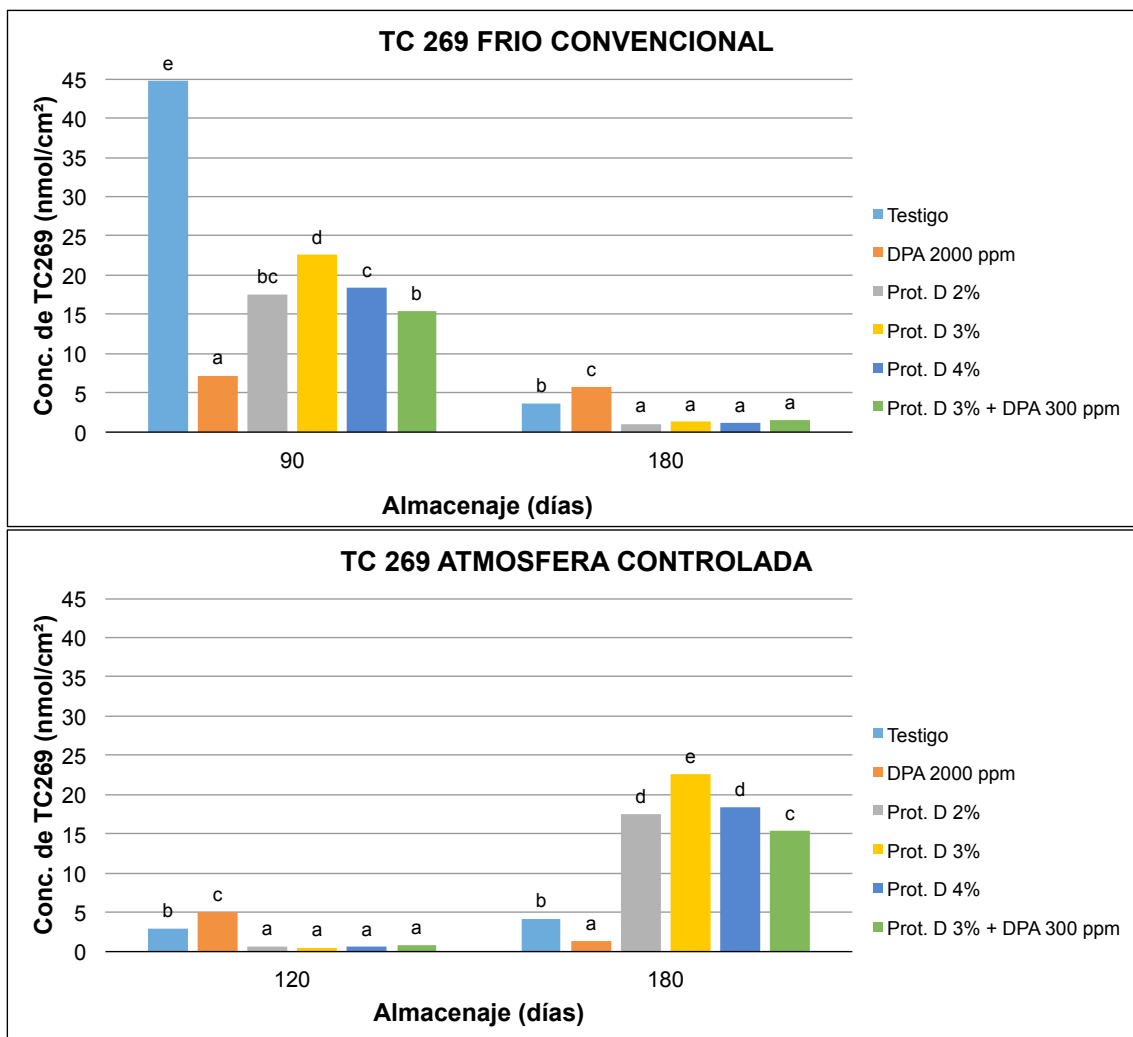


Figura 4.2.3.2: Concentración de trienos conjugados 269 (TC269) (nmol/cm²) de manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje Frío Convencional: con 4 fechas de mediciones; y Atmosfera Controlada: con 4 fechas de mediciones. Huerto Sociedad Agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).

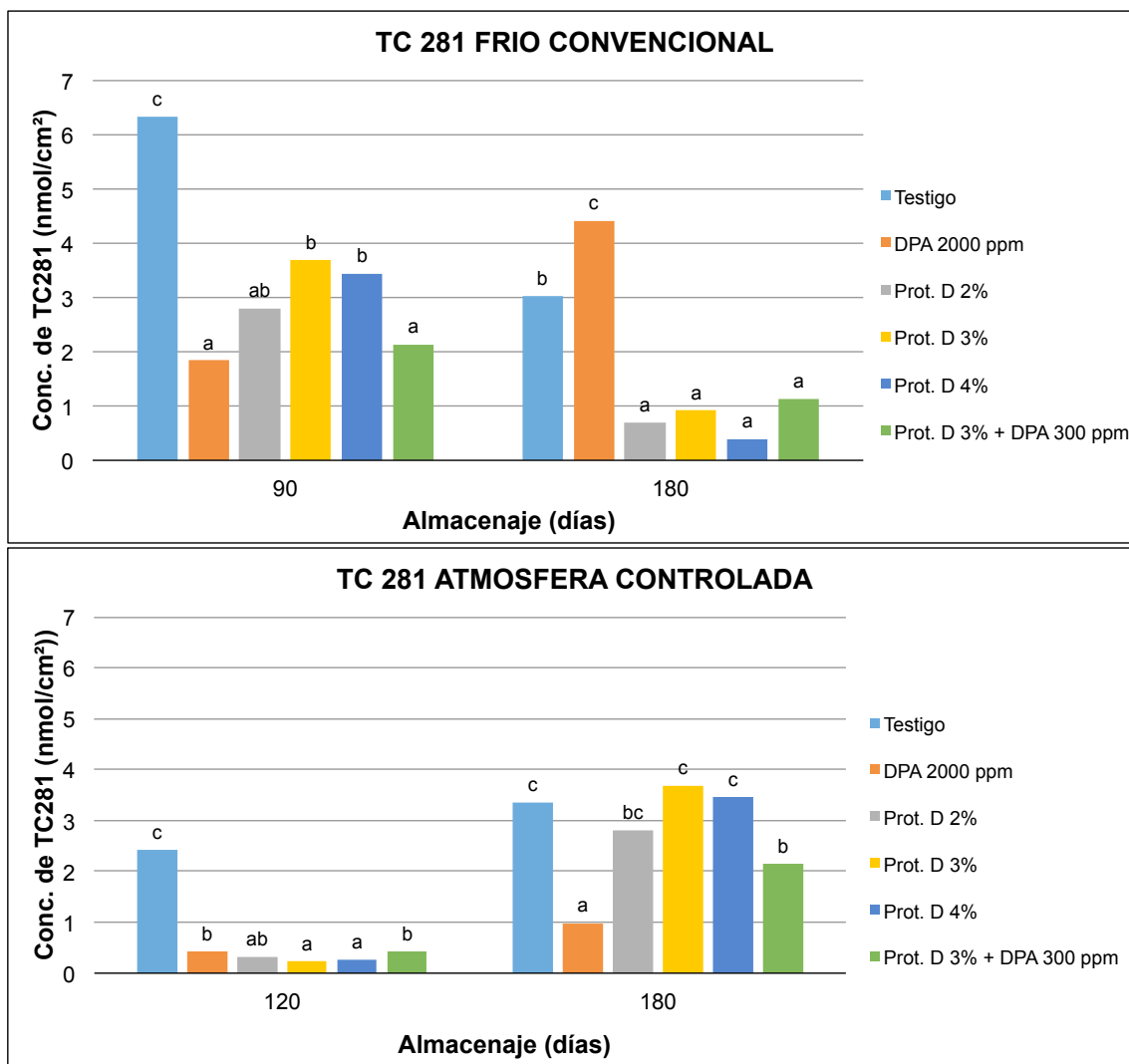


Figura 4.2.3.3: Concentración de trienos conjugados 281 (TC281) (nmol/cm²) de manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje Frío Convencional: con 4 fechas de mediciones; y Atmosfera Controlada: con 4 fechas de mediciones. Huerto Sociedad Agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).

4.3 Evaluación de escaldado superficial en la fruta

4.3.1. Incidencia

La fruta Testigo en FC, luego de 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente, desarrolló casi un 50% de ES (Figura 4.3.1.1), misma situación registrada por Ju (2000); Farneti *et al.* (2015) y Ekinci *et al.* (2016), donde bajo condiciones similares de almacenaje registraron valores superiores a 50% en incidencia de ES al ser expuestas a algunos días de temperatura ambiente luego de meses de almacenaje.

El tratamiento con DPA 2000 ppm mostró ser el más efectivo en cuanto a la incidencia de escaldado, evitando la expresión del mismo en ambas condiciones (FC y AC), así como también para todas las fechas de evaluación. Para la condición FC el control alcanza un 16,7% a los 90 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente, valor que se triplica para los 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente (Figura 4.3.1.1). Algo similar registró Figueroa (2013) en su estudio en búsqueda de alternativas para controlar el ES en 'Granny Smith', donde DPA a igual concentración presentó 0% en cuanto a incidencia de ES.

Bajo la condición FC, los tratamientos con Prot. D en sus diferentes concentraciones, 2%, 3% y 4%, a los 90 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente, resultó ser el más efectivo en cuanto a controlar la incidencia de ES con 0% de incidencia, respecto del tratamiento Testigo (Figura 4.3.1.1). Por su parte, a los 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente, el tratamiento a base de DPA 2000 ppm fue el más efectivo con 0% de incidencia, seguido muy de cerca por un 0,7% de incidencia para los tratamientos basados en Prot. D 2 y 3%. Lo mencionado anteriormente concuerda con lo reportado por Contreras *et al.* (2008), quien registró resultados similares incidencia de ES, con el compuesto 1-MCP en cuanto a este producto fue el más efectivo en el control de ES a los 3 meses de almacenaje en condición de 0°C, sin embargo a los 6 meses de almacenaje, no registro igual efectividad, siendo superado por el tratamiento a base de DPA.

Por el lado de AC, la fruta tratada a los 120 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente, no registró incidencia de ES, en tanto que la fruta Testigo alcanzó 10% de incidencia de ES a los 120 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente, y luego a los 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente registro un 82% de incidencia de escaldado superficial (Figura 4.3.1.1), similar a lo reportado por Farneti *et al.* (2015) para el tratamiento control en condición de AC, donde registró hasta 95% de incidencia de ES luego de estar

algunos días a temperatura ambiente saliendo desde almacenaje de más de 3 meses. Situación que también reflejó para la condición AC, Erkan *et al.* (2004) evaluó diferentes métodos de atmosfera controlada, donde pudo observar que los tratamientos en esta condición no registraron incidencia de ES dentro de los 4 primeros meses de almacenaje, situación opuesta a lo ocurrido con el Testigo que si presentó incidencia de ES. Sin embargo luego de los 5 meses de almacenaje se registró incidencia de ES inferior al 10% en todas las condiciones de AC evaluadas por Erkan *et al.* (2004), que en el caso de la figura 4.3.1.1, solo se observó que Prot. D 3% a los 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente, registro un mínimo valor de 1,3% de incidencia de ES.

El uso de aceites naturales obtenidos de cultivos como maíz y soya para el control de ES, evaluado por Ju y Curry (2000), arrojó resultados similares a lo encontrado en la figura 4.3.1.1, respecto que luego de 3 meses de almacenamiento la fruta utilizada como Testigo desarrolló ES. Así como también los tratamientos basados en aceites naturales inhibieron la expresión del desorden.

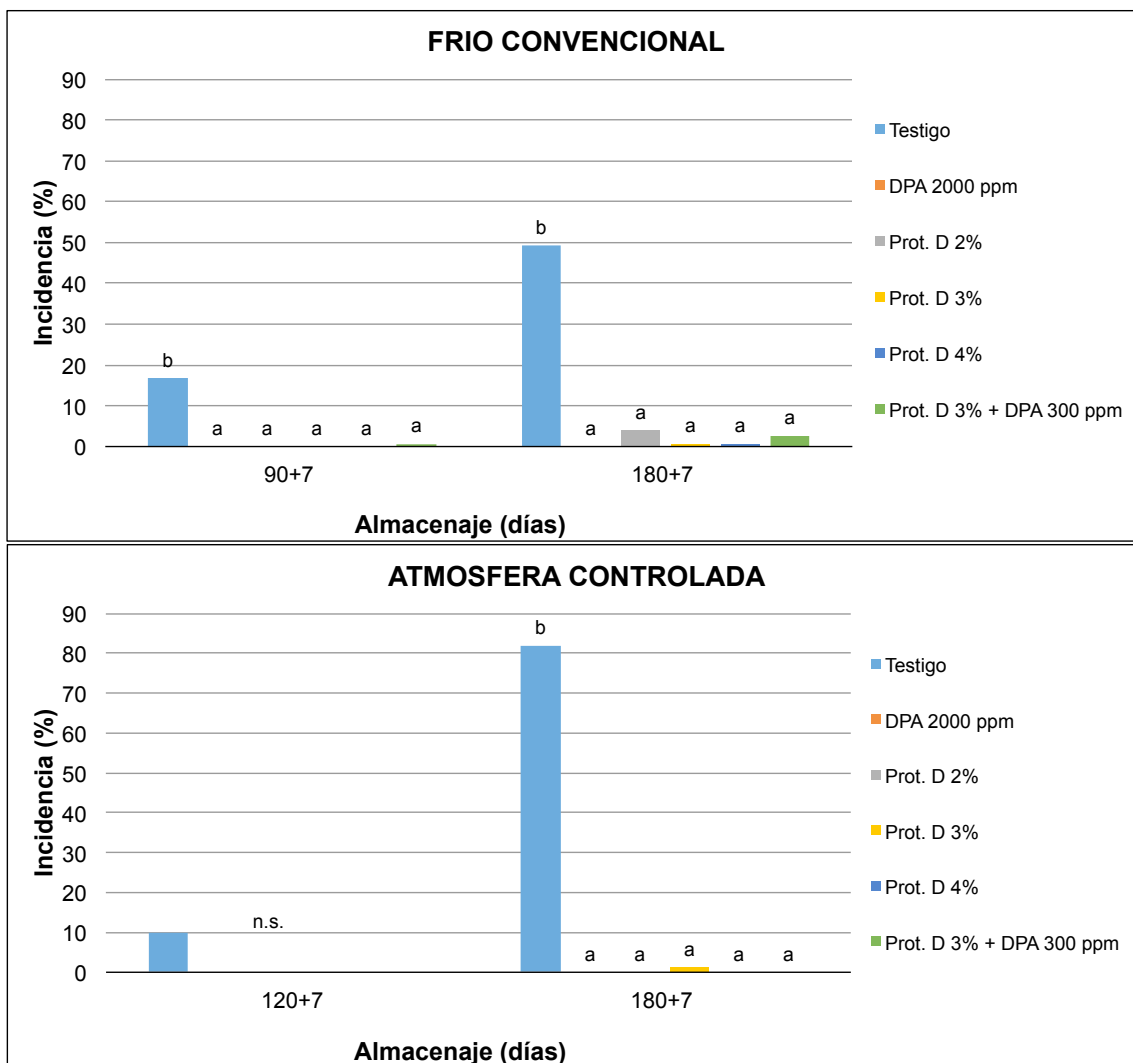


Figura 4.3.1.1: Incidencia de Escaldado Superficial (%) en manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje Frío Convencional: con 4 fechas de mediciones; y Atmosfera Controlada: con 4 fechas de mediciones. Huerto Sociedad Agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).

4.3.2. Severidad del daño

El tratamiento Testigo, tanto en FC como en AC, registró el mayor porcentaje de ES para todos los tipos de severidad (Leve, Moderado y Severo) (Ver Anexo 2, Cuadro 7.2), esto concuerda con lo reportado por Alvear (2003) en su estudio probando una doble aplicación de DPA en condiciones de FC y AC, donde el tratamiento control registró altos valores de en severidad de tipo moderada y severa.

Por otro lado, el tratamiento DPA no registró ES de ningún tipo de severidad para ambas condiciones FC y AC, y para todas las fechas evaluadas (Ver Anexo 2, Cuadro 7.2).

Los tratamientos a base de Prot. D en sus diferentes concentraciones para el caso de FC registraron valores mínimos, no significativos, para la condición de ES leve, luego de 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente (Ver Anexo 2, Cuadro 7.2), lo se relaciona con lo mencionado por Curry (2000) en cuanto a que los productos en base a aceites vegetales tendrían limitaciones en su uso en cuanto a la efectividad a través del tiempo de almacenaje.

Para el caso de AC, solo el tratamiento Prot. D 3% registró un 1,7% de ES de tipo leve a los 180 días de almacenaje + 7 días a temperatura ambiente (Ver Anexo 2, Cuadro 7.2).

5. CONCLUSIONES

Los tratamientos realizados con prototipos en base a mezclas de lípidos complejos, ejercieron control para ES, durante el tiempo de almacenaje, con gran potencial para transformarse en el reemplazante inocuo de la difenilamina, en manzanas y peras.

Respecto a los compuestos estrechamente ligados al desarrollo de ES, los prototipos en base a mezclas de lípidos complejos mostraron supresión para α -farneseno y trienos conjugados 281, durante el tiempo de almacenaje para la condición de FC.

Las distintas concentraciones evaluadas de prototipos en base a mezclas de lípidos complejos, mantuvieron las características de la fruta en el tiempo, de acuerdo al registro de valores superiores al resto de los tratamientos evaluados, en tópicos como firmeza de pulpa, color de piel y tasa de producción de etileno.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Alvear, F. 2003. Efectividad de una doble aplicación de DPA en el control de escaldado en manzanas cv. Granny Smith y su relación con los compuestos alfa-farneseno y trienos conjugados. Memoria de título Ingeniero Agrónomo. Talca, Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. 41 p.
2. Bauchot, A. and John, P. 1996. Scald development and the levels of α -farnesene and conjugated triene hydroperoxides in apple peel after treatment with sucrose ester-based coatings in combination with food-approved antioxidants. *Postharvest Biology and Technology*, 7: 41-49.
3. Bustamante, C. 1998. Métodos alternativos para control de escaldado superficial en manzanas cv. Granny Smith. Memoria de título Ingeniero Agrónomo. Talca, Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. 63 p.
4. Curry, E. 2000. Farnesene and squalene reduce scald in apples and pears. *Acta Horticulturae*. 518: 137-144.
5. CIREN-ODEPA. 2015 (en línea). Catastro Frutícola, Principales Resultados, Región del Maule/Junio 2013. Ministerio de Agricultura. Santiago. Consultado el 26 Mayo 2015. Disponible en http://www.odepa.cl/wp-content/uploads/2012/09/catastro_Maule_junio2013.pdf
6. Contreras, C., Zoffoli, J., Alcalde, J. y Ayala, M. 2008. Evolución del daño por insolación de manzanas 'Granny Smith' durante el almacenaje refrigerado. *Cien. Inv. Agr.* 35(2): 147-157.
7. Du, Z. and Bramlage, W. 1993. A Modified Hypothesis on the Role of Conjugated Trienes in Superficial Scald Development on Stored Apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(6): 807-813.
8. Ekinci, N., Seker, M., Aydin, F. and Gündoğdu, M. 2016. Possible chemical mechanism and determination of inhibitory effects of 1-MCP on superficial scald of the Granny Smith apple variety. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 40: 38-44.
9. Erkan, M., Pekmezci, M., Gübbük, H. and Karasahin, I. 2004. Effects of Controlled Atmosphere Storage on Scald Development and Postharvest Physiology of Granny Smith Apples. *Turk J Agric For*, 28: 43-48.
10. Farneti, B., N. Busatto, I. Khomenko, L. Cappellin, S. Gutierrez, F. Spinelli, R. Velasco, F. Biasioli, G. Costa and F. Costa. 2015. Untargeted metabolomics investigation of volatile compounds involved in the development of apple superficial scald by PTR-ToF-MS. *Metabolomics*. 11: 341-349.
11. Figueroa, C. 2013. Alternativas de control de escaldado superficial, a base de aceites naturales en manzanas cv Granny Smith. Memoria de título Ingeniero Agrónomo. Talca, Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. 50 p.

12. Gil, G. 2001. Fruticultura: Madurez de la fruta y manejo de postcosecha. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 413 p.
13. Golding, J and Mcglasson, W. 2001. Relationship between production of ethylene and α -farnesene in apples, and how it is influenced by the timing of diphenylamine treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 225-233.
14. Isidoro, N. and Almeida, D. (2006). α -Farnesene, conjugated trienols, and superficial scald in 'Rocha' pear as affected by 1-methylcyclopropene and diphenylamine. *Postharvest Biology and Technology*, 42(1), 49-56.
15. Ju, Z. and Curry, E. 2000a. Stripped corn oil emulsion alters ripening, reduces superficial scald, and reduces core flush in 'Granny Smith' apples and decay in 'd'Anjou' pears. *Postharvest Biology and Technology*, 20: 185 - 193.
16. Ju, Z. and Curry, E. 2000b. Evidence that α -farnesene biosynthesis during fruit ripening is mediated by ethylene regulated gene expression in apples. *Postharvest Biology and Technology*, 19: 9 -16.
17. Jung, S. and Watkins, C. 2008. Superficial scald control after delayed treatment of apple fruit with diphenylamine (DPA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Postharvest Biology and Technology*. 50: 45–52.
18. Lurie, S and Watkins, C. 2012. Superficial scald, its etiology and control. *Postharvest biology and technology*. 65: 44-60.
19. Moggia, C., O. Hernández, M. Pereira, G. Lobos and J. Yuri. 2008. Effect of the cooling system and 1-mcp on the incidence of superficial scald in Granny Smith apples. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 69: 383-390.
20. Moggia, C., M. Moya-León, M. Pereira, J. Yuri and G. Lobos. 2010. Effect of DPA and 1-MCP on chemical compounds related to superficial scald of Granny Smith apples. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 8: 178-187.
21. ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2015 (en línea). Superficie plantada con frutales (hectáreas). Consultado el 26 Mayo 2015. Disponible en <http://www.odepa.cl/frutales-superficie-y-produccion-2/>
22. ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2015 (en línea). Superficie de frutales por región según fecha del catastro frutícola (hectáreas). Consultado el 26 Mayo. 2015. Disponible en <http://www.odepa.cl/superficie-de-frutales-por-region-2/>
23. ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2015 (en línea). Superficie de frutales por región según fecha del catastro frutícola (hectáreas). Consultado el 26 Mayo. 2015. Disponible en <http://www.odepa.cl/superficie-de-frutales-por-region-2/>

24. ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2015 (en línea). Superficie plantada con frutales (hectáreas). Consultado el 26 Mayo 2015. Disponible en <http://www.odepa.cl/frutales-superficie-y-produccion-2/>
25. ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2015 (en línea). Boletín Frutícola. Consultado el 26 de Mayo 2015. Disponible en http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1427304052Boletinfruticola201503.pdf
26. Scott, K., C. Yuen and F. Ghahramani. 1995a. Ethanol vapour – a new anti-scald treatment for apples. *Postharvest biology and technology*. 6: 201-208.
27. Scott, K., C. Yuen and G. Kim. 1995b. Reduction of superficial scald of apples with vegetable oils. *Postharvest biology and technology*. 6: 219-223.
28. Watkins, C., Bramlage, W. and Cregoe, B. 1995. Superficial Scald of 'Granny Smith' apples is expressed as a typical chilling injury. *J. AMER. SOC. HORT. SCI.* 120: 88–94.
29. Zanella, A. 2003. Control of apple superficial scald and ripening—a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra low oxygen storage. *Postharvest Biology and Technology* 27: 69-78.
30. Zoffoli, J.P., 2003. Avances en el control de escaldado superficial de manzanas Granny Smith. *Rev. Agronomía y Forestal UC*. 6: 22-26.

7. ANEXOS

Anexo 1:

Cuadro 7.1. Contenido de Sólidos Solubles (°Bx) en manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje. Frío Convencional (FC) y Atmosfera Controlada (AC). Huerto Sociedad agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

TRATAMIENTO	Almacenaje FC (días)				Almacenaje AC (días)			
	90	90+7	180	180+7	120	120+7	180	180+7
Testigo	12,1	12,4	12,3 ab	12,6	12,7	11,9	12,4	11,9 abc
DPA 2000 ppm	12,2	12,5	11,9 a	12,5	12,5	11,6	12,2	11,6 ab
Prot. D 2%	12,3	12,8	12,5 ab	12,5	12,2	12,2	12,2	12,2 bc
Prot. D 3%	12,4	12,8	12,4 ab	12,6	11,7	11,5	12,4	11,5 a
Prot. D 4%	12,1	12,9	12,6 b	12,6	12,2	12,5	12,3	12,5 c
Prot. D 3% + DPA 300 ppm	12,6	13,2	12,4 ab	12,5	12,0	12,3	12,4	12,3 bc
Significancia (*)	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).

Anexo 2:

Cuadro 7.2. Severidad del daño por ES (%) en manzanas cv. Granny Smith, sometidas a 6 tratamientos para dos sistemas de almacenaje. Frío Convencional (FC) y Atmosfera Controlada (AC). Huerto Sociedad agrícola Alborada – Curicó, Región del Maule. Temporada 2013/2014.

TRATAMIENTO	Almacenaje FC (días)					
	Leve (%)		Moderado (%)		Severo (%)	
	90+7	180+7	90+7	180+7	90+7	180+7
Testigo	15,3 b	34,7 b	0,7	12,0 b	0,0	2,7 b
DPA 2000 ppm	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0	0,0 a
Prot. D 2%	0,0 a	4,0 a	0,0	0,0 a	0,0	0,0 a
Prot. D 3%	0,0 a	0,7 a	0,0	0,0 a	0,0	0,0 a
Prot. D 4%	0,0 a	0,7 a	0,0	0,0 a	0,0	0,0 a
Prot. D 3% + DPA 300 ppm	0,7 a	2,0 a	0,3	0,7 a	0,0	0,0 a
Significancia (x)	**	**	n.s	**	n.s.	**

TRATAMIENTO	Almacenaje AC (días)					
	Leve (%)		Moderado (%)		Severo (%)	
	120+7	180+7	120+7	180+7	120+7	180+7
Testigo	6,3	39,3 b	0,0	34,0 b	0,0	8,7
DPA 2000 ppm	0,0	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0	0,0
Prot. D 2%	0,0	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0	0,0
Prot. D 3%	0,0	1,7 a	0,0	0,0 a	0,0	0,0
Prot. D 4%	0,0	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0	0,0
Prot. D 3% + DPA 300 ppm	0,0	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0	0,0
Significancia (x)	n.s.	**	n.s.	**	n.s.	n.s

Testigo; Difenilamina (DPA): 2000 ppm; Prot. D 2%: mezclas de lípidos complejos al 2%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3%; Prot. D 4%: mezclas de lípidos complejos al 4%; Prot. D 3%: mezclas de lípidos complejos al 3% + DPA 300 ppm.

Nota: promedios con las mismas letras dentro de los mismos días de almacenaje no presentan diferencias estadísticas (Test Tukey (HSD) $p \leq 0,05$). n.s: no significativo; *: significativo ($p \leq 0,05$); **: alta significancia ($p \leq 0,01$).