

ATMÓSFERA CONTROLADA DINÁMICA

Omar Hernández & Carolina Torres
Centro de Pomáceas, Universidad de Talca

El presente artículo tiene como propósito dar a conocer los aspectos fisiológicos y técnicos involucrados en la implementación de la Atmósfera Controlada Dinámica (ACD). Además, relevar la importancia de estar al tanto del sistema, con el objeto de lograr un adecuado manejo de la fruta durante la guarda, transporte y *shelf life*.

El uso de atmósfera controlada (AC), junto a un adecuado manejo de temperatura y humedad relativa durante la conservación, permite maximizar la vida de postcosecha de la fruta. Esta tecnología de guarda tiene efectos directos sobre algunos procesos biológicos de los frutos, tales como respiración, producción de etileno, ablandamiento, coloración de la piel (pérdida de clorofila, síntesis de carotenoides), etc.

Los primeros trabajos y observaciones que se realizaron modificando la concentración de gases (principalmente O₂), durante el almacenaje, se llevaron a cabo hace más de 200 años en Francia y posteriormente en otros países. A nivel comercial,

CONTENIDOS

Atmósfera Controlada Dinámica
Editorial
Resumen Climático
Resúmenes de Investigaciones
Eventos

EDITORIAL

El 26.03 se sostuvo una reunión de trabajo con Rodrigo Cruzat, Gerente de Biofrutales, junto a Luis Fernández y Pedro Gómez, de Andes New Varieties Administrarion (ANA), para levantar un proyecto de mejoramiento genético del manzano en Chile (Foto 1).



Foto 1. J.A. Yuri, Rodrigo Cruzat, Luis Fernández, Valeria Lepe y Pedro Gómez.

Durante la 2ª Reunión Técnica del CP, celebrada el 26.03, participó como expositor el Sr. Alexander Villa, de la empresa Marvil, Italia, donde expuso sobre los avances en Atmósfera Controlada Dinámica (Foto 2).



Foto 2. J.A.Yuri, Carolina Torres, Alexander Villa y Omar Hernández.

las primeras cámaras de AC se construyeron en Inglaterra alrededor de 1930, y 20 años después en EE.UU. Sin embargo, a partir de las décadas del 50' y 60', la AC tuvo un aumento significativo, tanto en investigación como a nivel comercial. Luego fue difundida a otros países productores y exportadores de fruta, entre ellos Chile.

En la década del 80' nace el concepto de **ULO** (ultra low oxygen), el cual se basa en el manejo de los niveles de oxígeno por debajo de 1%. Posteriormente, se realizaron ensayos en ULO en combinación con **ILOS** (inicial low oxygen stres), con excelentes resultados, tanto en condición de fruta, como en la disminución de la incidencia de algunos desórdenes fisiológicos, como escaldado superficial (Trutter et al., 1994; Lau, 1997).

Ambos sistemas de almacenaje (ULO e ILOS), utilizan bajos niveles de O_2 , ya sea por periodos prolongados o cortos (estrés). Junto con la AC convencional, estos niveles han sido establecidos a través del tiempo mediante ensayos de tolerancia para las diferentes variedades de manzanas y peras, ajustándose los valores para cada una de ellas (Gran y Beaudry, 1993). Sin embargo, en algunas ocasiones pueden desarrollarse alteraciones o desórdenes fisiológicos durante la guarda, debido a que existe variación entre temporadas y zonas agroclimáticas (Wright et al., 2012). Estos daños pueden presentarse de forma externa (piel) e interna, como pardeamientos de pulpa. Además de la variedad, estado de madurez, clima, nutrición, entre otros factores, la incidencia y severidad de estos desórdenes estaría directamente relacionada con los niveles de los gases y tiempo de exposición a los mismos.

A inicios de la década del 2000 aparece el concepto atmósfera controlada dinámica (**ACD**), la cual corresponde a un sistema en donde varía la concentración de O_2 y CO_2 durante la guarda, en función de algunos parámetros fisiológicos, asociados al punto de compensación anaeróbico (**Figura 1**) (**PCA**; ingl. **ACP**).

Dentro de los métodos existentes para determinar el PCA, también llamado bajo límite de oxígeno (ingl. **LOL**), se pueden encontrar; 1. Cálculo del cociente respiratorio (CO_2 producido/ O_2 consumido); 2. Producción de etanol (indica el inicio de la fermentación); y 3. Fluorescencia de la clorofila (correlacionado con el cociente respiratorio; Watkins, 2008).

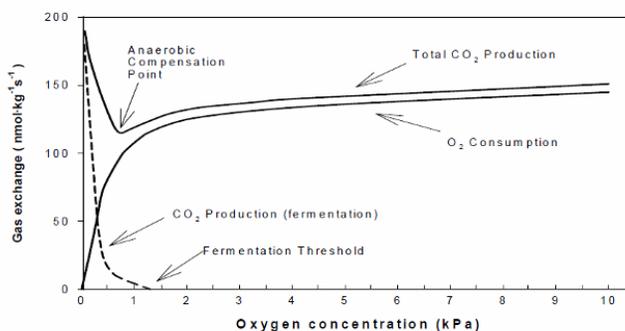


Figura 1. Efecto de la concentración de O_2 en la producción de CO_2 , consumo de O_2 y producción de CO_2 proveniente de la fermentación. Prange et al., 2011.

A continuación se explican los conceptos mencionados, así como sus ventajas y desventajas que han sido documentadas.

Cociente respiratorio (CR)

El cociente respiratorio ha sido utilizado para determinar el límite de oxígeno tolerable por diferentes variedades de manzanas y peras (Gran y Beaudry, 1993). Este concepto, como su nombre lo indica, corresponde al cociente entre el CO_2 producido y el O_2 consumido, por ende, el CR aumenta cuando el oxígeno baja del LOL. El cálculo del CR sólo es posible a nivel de laboratorio, dado que se necesitan equipos muy sensibles (Prange et al., 2011).

Producción de etanol

La producción de etanol a nivel de frutos puede ser estimulada, tanto en el árbol como durante la postcosecha, y estaría asociada a los procesos de maduración, específicamente a las síntesis de aromas (Pesis, 2005).

En estudios realizados por Scott et al. (1995), se demostró que el etanol presentaba un efecto positivo sobre el control de escaldadura superficial en manzanas, principalmente a través de aplicaciones de vapor en postcosecha.

Una evolución del ILOS ha sido desarrollada en Italia y su concepto se basa en generar varios momentos de estrés durante la guarda, lo cual genera una atmósfera controlada dinámica (Fadanelli et al., 2009). La metodología para monitorear estos períodos de estrés corresponde a mediciones de etanol en la pulpa de los frutos, en base a valores bajos de oxígeno (CO_2 siempre es bajo), para que la fruta produzca niveles de etanol suficientemente adecuados para una buena conservación, pero sin provocar problemas de fermentación o desarrollo de olores o sabores anormales (Fadanelli et al., 2009). Las mediciones se realizan en forma periódica. La **foto 4** muestra la comparación de esta medida con etanol cuantificado cromatográficamente y el equipo utilizado para ello.

Fluorescencia de clorofila (FC)

En la década de los 90', investigadores canadienses, mediante el uso de un fluorómetro manual, observaron que eran capaces de detectar cambios en la fluorescencia de la clorofila cuando la fruta que era sometida a bajos niveles de O_2 o altos de CO_2 , antes de evidenciar algún daño en las manzanas, así como también durante el proceso de maduración de las mismas (DeEll et al., 1995; Song et al., 1997). La fluorescencia de la clorofila es una medición no-destructiva e indirecta del nivel de estrés de tejidos vegetales y que es capaz de detectar el LOL (Prange et al., 2010, 2011; Wright et al., 2012)

Prange et al., (2002, 2003), realizaron ensayos con diferentes especies (manzanas, peras, mango), con el objetivo de determinar los cambios que se producían en la FC, en mediciones a bajas concentraciones de oxígeno. En estos trabajos propusieron dos teorías acerca del efecto del bajo oxígeno en la FC (**Figura 2**).

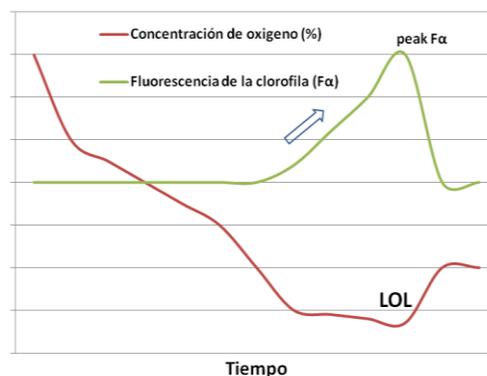


Figura 2. Evolución de la concentración de oxígeno y fluorescencia de la clorofila en manzanas. (adaptado de Prange et al., 2003, Wright et al., 2010).

La primera dice que la distancia entre el complejo cosechador de luz y el centro de reacción del fotosistema II se incrementa producto del bajo oxígeno, por lo que la luz no puede ser transferida, siendo reemitida como fluorescencia. La segunda, aunque menos probable, hace mención a una reducción de la quinona A, producto del bloqueo del flujo de electrones a través del fotosistema II.

En manzanas existen numerosos estudios con esta tecnología, principalmente enfocados a la calidad y condición de la fruta, así como a algunos desórdenes fisiológicos, como escaldado superficial y pardeamiento interno (Song et al., 1997; Zanella et al., 2005, 2008; De Long et al., 2007; Prange et al., 2010, 2011; Wright et al., 2012; Zanella et al., 2005, 2008).

En peras d'Anjou, el uso de la fluorescencia de la clorofila mostró un efecto positivo en cuanto a la prevención del escaldado, aunque aumentó la incidencia de black speck y no logró un adecuado ablandamiento durante el *shelf life* (Mattheis y Rudell, 2011). El black speck es un desorden fisiológico característico de este cultivar y ha sido asociado a guardas con bajos niveles de oxígeno (1% o menos).

Según Prange et al., (2010, 2011), las mediciones con fluorescencia de la clorofila permiten monitorear el estado fisiológico de la fruta en tiempo real, de forma rápida y no destructiva. Dado que no se trata de un producto químico, es una alternativa para fruta orgánica. Además, es una alternativa para mantener

una buena condición de la fruta y disminuir la incidencia algunos desórdenes fisiológicos (De Long et al., 2007).

Trabajos realizados en el Centro de Pomáceas (CP)

En ensayos realizados en ACD mediante monitoreo de fluorescencia de la clorofila (Foto 3), en manzanas Granny Smith y Cripp's Pink™ durante la temporada 2010/11, mostró un efecto positivo en cuanto a condición y calidad de fruta (Figura 3).



Foto 3. Sensor FIRM (Harvestwach) (izquierda) y mini-cámaras de atmósfera controlada (derecha) utilizados en los ensayos de ACD en el Centro de Pomáceas. Temporada 2010/11.

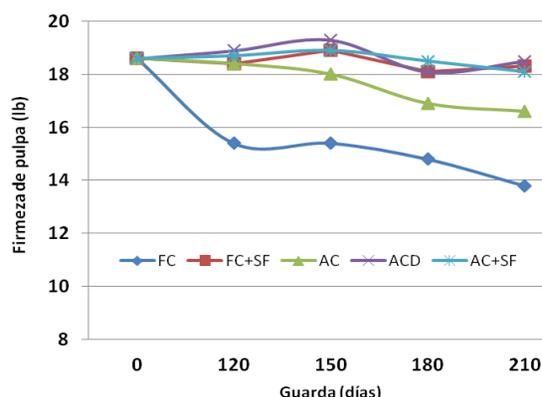


Figura 3. Evolución de la firmeza de pulpa en manzanas cv. Granny Smith sometidas a diferentes sistemas de almacenajes. FC: frío convencional; AC: atmósfera controlada; ACD: atmósfera controlada dinámica y SF: 1-MCP (1000 ppb). (Fuente: Centro de Pomáceas, datos no publicados).

En el caso de Granny Smith, la concentración de compuestos relacionados con escaldado superficial (alfa-farnesceno y trienos conjugados), fue baja, comparada con el control (Figura 4). Además, no se observó expresión de escaldado superficial (Figura 5). En relación al pardeamiento interno en Cripp's Pink™, el uso de esta tecnología no disminuyó su incidencia. Este resultado podría ser explicado por las temperatura de guarda utilizadas (alrededor de 0.5-1°C).

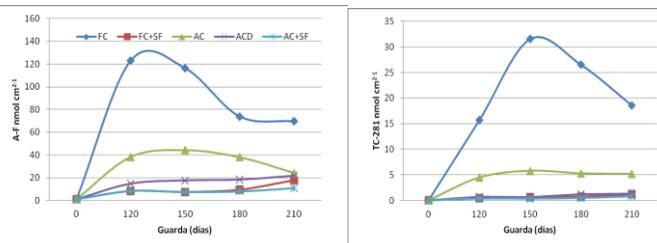


Figura 4. Evolución de alfa-farnesceno y trienos conjugados en manzanas cv. Granny Smith sometidas a diferentes sistemas de almacenajes. FC: frío convencional; AC: atmósfera controlada; ACD: atmósfera controlada dinámica y SF: 1-MCP (1000 ppb). (Fuente: Centro de Pomáceas).

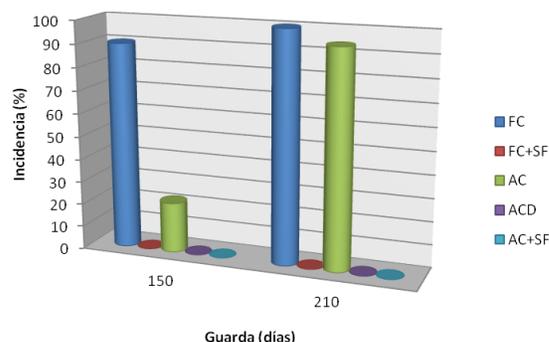


Figura 5. Incidencia de escaldado superficial (%) en manzanas cv. Granny Smith sometidas a diferentes sistemas de almacenajes. FC: frío convencional; AC: atmósfera controlada; ACD: atmósfera controlada dinámica y SF: 1-MCP (1000 ppb). (Fuente: Centro de Pomáceas).

Experiencias en la industria Chilena

En Chile, la ACD ha sido implementada a nivel comercial hace 4 temporadas, principalmente a través de tecnología de fluorescencia de la clorofila. Con ella los resultados han sido positivos, permitiendo guardar fruta hasta 10 meses. Sin embargo, en la temporada 2011/12 existieron algunos eventos de escaldado superficial en algunos mercados de destino (Foto 5).

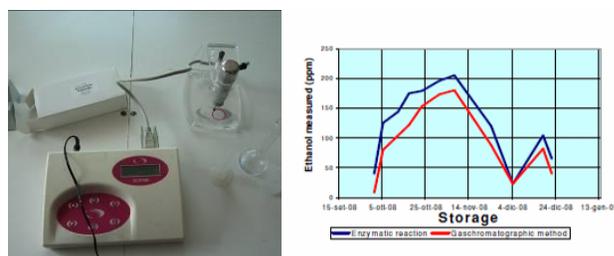


Foto 4. Equipo utilizado para estimar la concentración de etanol presente en muestras de jugo de manzanas (izquierda) y análisis comparativo de la reacción enzimática versus el cromatógrafo de gases (derecha) (Fadanelli et al., 2009).



Foto 5. Síntomas de escaldado superficial observados en manzanas cvs. Granny Smith y Red Delicious provenientes de ACD comercial y luego de exposición a temperatura ambiente. Temporada 2011/12.

Dado que la ACD (ambos sistemas) implica un estrés a la fruta provocado por bajos niveles de oxígeno, alrededor de 0.4-0.8% (dependiendo de la variedad, estado de madurez), el riesgo de generar fermentación en los tejidos es alto. Los principales productos de este proceso son el acetaldehído y etanol, compuestos altamente reactivos y que en elevadas concentraciones pueden llegar desencadenar el proceso de muerte celular.

Además de lo anterior, debe considerarse: hermeticidad de las cámaras, capacidad de absorber el CO₂, llenado de cámaras en un periodo no superior a 5 días y no mezclar variedades, entre otros.

Por último, es necesario seguir realizando investigaciones locales, incorporando nuevos cultivares de manzanas y peras.

LITERATURA

-De Long J., Prange R. y Peter Harrison. 2007. Chlorophyll fluorescence-based low O₂ CA storage of organic Cortland and "Delicious" apples. *Acta Hort.* 737: 31-37.

-DeEll J., Prange R. y Deniss P. Murr. 1995. Chlorophyll fluorescence as a potential indicator of controlled-atmosphere disorders in "Marshall" McIntosh apples. *Hortscience* 30(5):1084-1085.

-Fadanelli L., Zeni F., Turrini L., Barchetti P., Matte P. y L. Buglia. 2009. New development of dynamic controlled atmosphere storage of apples applying repeated and controlled low oxygen stress treatments. 6 th International Postharvest Symposium, Antalya 8-12 april.

-Gran C. y Randolph Beaudry. 1993. Determination of the Low oxygen limit for several commercial apple cultivars by respiratory quotient breakpoint. *Postharvest Biology and Technology.* 3:259-

267.

-Lau O. 1997. Initial low oxygen stress offers no scald control benefits to "Starkrimson Delicious" apples in 0.7 KPa O₂ storage. *HortScience.* 32: 1239-1241.

-Mattheis J.P. y David Rudell. 2011. Responses of d'Anjou pear (*Pyrus communis* L.) fruit to storage at low oxygen setpoints determined by monitoring fruit chlorophyll fluorescence. *Postharvest Biology and Technology.* 60: 125-129.

-Pesis E. 2005. The role of the metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. *Postharvest Biology and Technology.* 37: 1-19.

-Prange R., DeLong J. y A. Wright. 2010. Chlorophyll fluorescence: applications in postharvest horticulture. *Horticultural Science Focus.* 50:13-15.

-Prange R., DeLong J. y A. Wright. 2011. Storage of pears using dynamic controlled atmosphere (DCA), a non-chemical method. *Acta Hort.* 909:707-717.

-Prange R., DeLong J., Harrison P., Leyte J. y MacLean. 2003. Oxygen concentration affects chlorophyll fluorescence in chlorophyll-containing fruit and vegetables. *J. Amer. Soc. Hort. Scie.* 128: 603-607.

-Prange R., DeLong J., Leyte J. y Peter Harrison. 2002. Oxygen concentration affects chlorophyll fluorescence in chlorophyll-containing fruit. *Postharvest Biology and Technology.* 24: 201-205.

-Song J., Deng W., Beaudry R. y Paul Armstrong. 1997. Changes in chlorophyll fluorescence of apple fruit during maturation, ripening, and senescence. *HortScience.* 32: 891-896.

-Scott K.J., Yuen C.M.C. y F. Gajrmani. 1995 Ethanol vapour-a new anti-scald treatment for apple. *Postharvest Biology and Technology.* 6: 201-208.

-Truter A., Combink J. y S. Burger. 1994. Control of superficial scald in "Granny Smith" apples by ultra low and stress levels of oxygen as an alternative to diphenylamine. *Journal of Horticultural Science.* 69: 581-587.

-Watkins C. 2008. Dynamic controlled atmosphere storage - A new technology for the New York storage industry?. *New York Fruit Quarterly.* 16: 23-26.

-Wright A.H., DeLong J., Gunawardena A. y Robert Prange. 2012. Dynamic controlled atmosphere (DCA): Does fluorescence reflect physiology in storage?. *Postharvest Biology and Technology.* 64: 19-30.

-Zanella A., Cazzanelli P. y O. Rossi. 2008. Dynamic controlled atmosphere (DCA) storage by the means of chlorophyll fluorescence response for firmness retention in Apple. *Acta Hort.* 796: 77-82.

-Zanella A., Cazzanelli P., Panarese A., Coser M., Cechinel M. y O. Rossi. 2005. Fruit fluorescence response to low oxygen stress: Madern storage technologies compared to 1-MCP treatment of apple. *Acta Hort.* 682: 1535-1542.

RESUMEN CLIMÁTICO

CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL VERANO.

Las condiciones climáticas, principalmente las temperaturas (T°), previas a la cosecha (verano), se asocian a la calidad organoléptica de la fruta. Altas T° pueden tener efectos negativos sobre ella, así como en la producción. Entre estos efectos, se cuentan: desarrollo de alteraciones fisiológicas, disminución del calibre, falta de color de cubrimiento, pérdida del potencial de almacenaje, entre los más relevantes.

La temporada 2012/13 se caracterizó por una primavera y verano poco estresante, con baja acumulación térmica y escasos días de riesgo de aparición de daño por sol (**Cuadro 1**).

La baja acumulación de grados día (GD) en relación a las temporadas anteriores apuntan a una fecha de cosecha habitual. Así también, se esperaría una evolución normal de los índices de madurez.

En octubre y diciembre fue donde se registró la caída de la acumulación de GD con respecto al promedio histórico de cada localidad. Luego, a fines de enero y hasta comienzos de febrero, se registró una acumulación más alta que el promedio.

Cuadro 1. Acumulación térmica en grados día (GD) base 10; número de eventos conducentes a daño por sol (días con 5 horas con T° sobre los 29°C) y unidades de estrés entre el 1 de Octubre y el 15 de Marzo y número de horas con T° bajo 10°C entre el 13 de Febrero y el 15 de Marzo, en diferentes localidades.

Localidades	GD (base 10) 1 Oct-15 Mar			Días con 5 hr. $T^{\circ}>29^{\circ}\text{C}$ 1 Oct-15 Mar			Estrés (miles) 1 Oct-15 Mar			Horas con T° bajo 10°C 13 Feb-15 Mar		
	Media	11/12	12/13	Media	11/12	12/13	Media	11/12	12/13	Media	11/12	12/13
Graneros	1.412	1.491	1.374	21	23	12	185	205	166	39	15	39
Morza	1.276	1.330	1.022	35	30	17	143	156	103	99	52	118
Los Niches	1.171	1.232	1.151	17	12	15	119	-	132	149	56	190
Río Claro	1.267	1.335	1.210	36	38	28	163	157	130	106	51	121
San Clemente	1.350	1.439	1.299	18	27	16	162	178	141	39	17	42
El Colorado	1.031	1.148	994	2	5	2	114	135	95	154	62	157
Angol	1.238	1.331	1.237	16	24	23	143	156	136	60	29	62

DAÑO POR SOL. En la presente temporada se registró un menor número de días con potencialidad de desarrollo de daño por sol que en las anteriores (**Cuadro 1**). Como diciembre fue más frío, los eventos conducentes al daño comenzaron a ocurrir más tarde, a partir de enero (**Figura 1**).

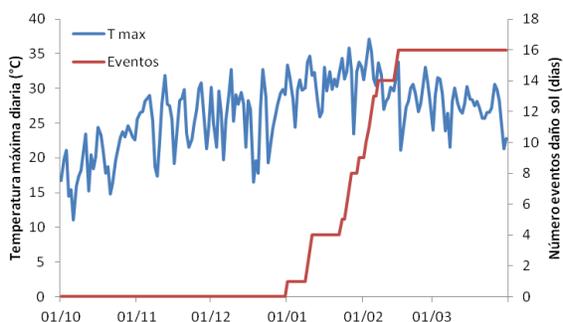


Figura 1. Ocurrencia y número de eventos de daño por sol (días con más de cinco horas con $T^{\circ} > 29^{\circ}\text{C}$) y T° máxima diaria en San Clemente, durante la temporada 2012/13.

FRÍO EN PRECOSECHA. La acumulación de frío (número de horas con $T^{\circ} < 10^{\circ}\text{C}$), previa a la cosecha ha sido similar al registro histórico de cada localidad. No fue una temporada particularmente fría como la 2009/10 (**Figura 2**), pero hubo condiciones favorables para el desarrollo de color y el potencial de postcosecha, así como desfavorables para la aparición de alteraciones fisiológicas.

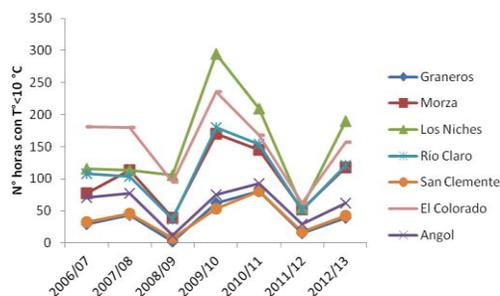


Figura 2. Número de horas con $T^{\circ} < 10^{\circ}\text{C}$ registradas un mes antes del 15 de marzo en las últimas temporadas.

RESUMEN DE INVESTIGACIONES

EFFECTOS DEL SISTEMA DE ATMÓSFERA DINÁMICA (HARVEST WATCH™), SOBRE LA CALIDAD Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN MANZANAS CV. GRANNY SMITH.

(CARO, R. 2012. MEMORIA ING. AGR. U. DE TALCA, 58 PÁG, PROF. GUÍA: C. TORRES).

El estudio se realizó durante la temporada 2010/2011, con fruta del cv. Granny Smith proveniente del Huerto de Soc. Agríc. Alborada S.A., ubicado en Los Niches - Curicó. El objetivo fue evaluar los efectos del sistema 'HarvestWatch™', en atmósfera dinámica (ACD), sobre los indicadores de madurez de la fruta, escaldado superficial y capacidad antioxidante. Los tratamientos fueron: Frío Convencional (0°C, >90% HR), con y sin aplicación de 1-MCP (FC y FC+1-MCP, respectivamente); Atmósfera Controlada, con y sin aplicación de 1-MCP (AC y AC+1-MCP, respectivamente), y Atmósfera Dinámica (ACD: HarvestWatch™). Se realizaron evaluaciones de madurez a cosecha y luego de 120, 150,

180 y 210 días, más 7 días a 20°C (vida anaquel). Adicionalmente, se registraron compuestos relacionados con escaldado superficial (α -farneseno (AF), trienos conjugados (TC), capacidad antioxidante (AO), así como el contenido de fenoles totales (Folin-Ciocalteu), y actividad antioxidante (DPPH), determinados en piel y pulpa. La incidencia de escaldado superficial fue evaluada luego de 150 y 210 días, más 7 días a 20°C.

El tratamiento ACD logró mantener la firmeza de pulpa, acidez titulable y color verde de la epidermis, durante todo el período de almacenaje. Además, mostró bajas concentraciones de AF, TC y AO, comparable a tratamientos con aplicación de 1-MCP. La incidencia de escaldado superficial así como el de otros desórdenes fisiológicos, se vieron igualmente inhibidos por este tratamiento. La concentración de fenoles totales no se vio afectada por los sistemas de almacenaje estudiados, ni por la aplicación de 1-MCP. La actividad antioxidante en piel y pulpa de la fruta en FC se vio incrementada desde cosecha hasta los 150 días. Sin embargo, esta fruta es considerada de descarte, como consecuencia de visibles signos de escaldado superficial en el total de sus frutos.

DESTACAMOS

Durante el primer trimestre del presente año y como se viene haciendo desde hace una década, se dictó en las dependencias del CP, parte de la Cátedra Technologies in Fruit and Wine Production, del Magíster in Internacional Agribusiness, financiado por el Servicio de Intercambio Académico Alemán (DAAD), en colaboración con la Universidad de Göttingen Alemania. El Programa está pensado para estudiantes Latinoamericanos y alemanes (Foto 6).



Foto 6. Estudiantes del Magíster in Internacional Agribusiness.

El 13.03 visitaron el CP los Drs. Gisela Janetzke y Burkhard Schade, de la Humboldt Stiftung, Alemania. Al día siguiente lo hizo Peter Barrows, International Business Director NovaSource, USA. El 27.03 se reunió el team de la Escuela de Diseño de la UTalca, para planificar trabajos en fruticultura. Desde Marzo está realizando parte de su Tesis Doctoral en el CP, Geraldine Meyer, de la Universidad del Estado de Santa Catarina, Brasil (Foto 7).



Foto 7. Peter Barrows (arriba izquierda); Burkhard Schade, Álvaro Rojas, Rector UTalca, Gisela Janetzke (arriba derecha). Académicos Escuela Diseño (abajo izquierda). Geraldine Meyer (abajo derecha).

POMACEAS, Boletín Técnico editado por el Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca. De aparición periódica, gratuita.

Representante Legal: Dr. Álvaro Rojas Marín, Rector

Director: Dr. José Antonio Yuri, Director Centro de Pomáceas

Editores: José Antonio Yuri & Valeria Lepe

Avenida Lircay s/n Talca. Fono 71-200366; e-mail pomaceas@utalca.cl

Sitio Web: <http://pomaceas.utalca.cl>