



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Optimización de la Calidad de Palta 'Hass'

Herramientas Para Enfrentar Nuevos Desafíos



Editores:

Bruno Defilippi B.

Raúl Ferreyra E.

Sebastián Rivera S.

INIA La Cruz - INIA La Platina
Chile, 2015

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA N° 307

El trabajo presentado en esta publicación fue financiado por los siguientes proyectos: Innova 08CT111UM-10; Innova11CEII-9568 y Fondecyt Regular 1130107. Además, este boletín es una actualización de Ferreyra E., Raúl y Defilippi B., Bruno (eds.). 2012. Factores de Precosecha que afectan la postcosecha de palta Hass. Clima, suelo y manejo. 100 p. Boletín INIA N° 248. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Cruz, La Cruz, Chile.

Directores responsables:

Ernesto Cisternas Arancibia, Dr.
Director Regional INIA La Cruz.

Manuel Pinto Contreras, Dr.
Director Regional INIA La Platina

Boletín INIA

Cita bibliográfica correcta:

Defilippi B., Bruno, Ferreyra E, Raúl y Rivera S, Sebastián (eds.). 2015. Optimización de la calidad de palta 'Hass': herramientas para enfrentar nuevos desafíos. 142p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

© 2015. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Centro Regional de Investigación La Cruz. Chorrillos 86. Comuna La Cruz. Teléfono fax (56-33) 321780. Casilla 3, La Cruz. Región de Valparaíso, Chile.
Centro Regional de Investigación La Platina. Santa Rosa 11.610. Comuna La Pintana. Teléfono fax (56-02) 25779100. Casilla 439, Correo 3. Región Metropolitana, Chile.

ISSN 0717 - 4829

Autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente y/o autores.

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V., Diseñador Gráfico.
Impresión: Salesianos Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares: 1.000

La Cruz, Chile, 2015

SABOR EN PALTA 'HASS': ALGO MÁS QUE SÓLO ACEITE

*Mauricio González A. | Alejandra Morgan C.
Amaya Busto R. | Bruno Defilippi B.*

El sabor de la palta es relacionado generalmente con un moderado/alto contenido de aceite, siendo además este parámetro determinante para establecer su momento de cosecha. Sin embargo, el sabor de las frutas es un atributo complejo y caracterizado por distintos componentes como azúcares, ácidos orgánicos, lípidos, compuestos volátiles, entre otros. Existen numerosos estudios respecto al sabor y a los compuestos que lo determinan en diversos frutos. Sin embargo, y si bien la palta tiene una composición bastante única que la distingue de otras frutas, son pocos los trabajos en este tópico que se centran en esta fruta. El identificar los compuestos que caracterizan a esta particular fruta y su comportamiento durante la maduración, puede ser de gran importancia para determinar su impacto en los caracteres organolépticos que definen a una palta de calidad.

7.1. DESARROLLO, MADURACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA PALTA

La palta es una baya de piel verde oscura y de pulpa verde, con una gran semilla, donde el 70% del fruto lo constituye la pulpa, el 14% la piel, y la semilla el 16% restante. El crecimiento de esta fruta en el árbol describe una curva sigmoidea caracterizada por un período inicial de alto crecimiento, en donde ocurre una rápida división celular que se extiende a lo largo del desarrollo hasta el momento en que el fruto está listo para ser cosechado (Van den Dool y Wolstenholme, 1983). Como se ha observado anteriormente, el proceso de maduración de este fruto sólo comienza cuando el fruto se cosecha teniendo una de las tasas más rápidas de maduración de las frutas climatéricas, caracte-

rizada por un aumento importante de la tasa respiratoria y de producción de etileno. Es durante esta etapa de maduración que en los frutos se producen una serie de cambios bioquímicos y fisiológicos, que determinan variadas características también conocidas como "criterios de calidad" para el consumidor que son: apariencia (tamaño, color, forma y aparición de defectos internos y/o externos), textura, valor nutricional y sabor (Wills *et al.*, 2007).

El término "sabor" se define como el atributo de comidas, bebidas y condimentos que describe la combinación de percepciones que resultan de la estimulación de los sentidos que están agrupados en la entrada del tracto respiratorio y alimenticio. El sabor es un atributo complejo que incluye la interacción entre varios componentes que determinan el sabor (o "gusto") y el "aroma", siendo influenciado por un gran número de metabolitos primarios y secundarios, genes e interacciones fisiológicas y genéticas entre estos (Klee, 2010). Por aroma se entiende como el olor de una comida. A diferencia del "olor" de un producto, el cual es detectado cuando los volátiles entran al pasaje nasal (voluntaria o involuntariamente) y son percibidos por el sistema olfatorio, los compuestos aromáticos son los volátiles emitidos por una sustancia dentro de la boca y percibidos por el sistema olfatorio (Meilgaard *et al.*, 2007).

La palta es un fruto de alto valor nutritivo, su composición bioquímica está basada en una alta cantidad de lípidos o grasas, teniendo la palta variedad 'Hass' un 20% de ellos. Además, contiene un 68,4% de agua, un 7,8% de hidratos de carbono y un 1,8% de proteínas (Cresswell, 1970). Los autores Dreher y Davenport (2013) hacen una revisión acerca de la composición de esta fruta y los efectos benéficos de su consumo en la salud humana. Utilizando esta información más la que entrega el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>), hemos generado una tabla con la composición química de una porción comestible de palta (**Tabla 7.1**). Esta particular fruta contiene gran parte de las vitaminas presentes en el reino vegetal (vitaminas A, C, D, B6 y E) y debido a su particular composición, su ingesta puede contribuir a combatir los riesgos de enfermedades cardiovasculares y algunas enfermedades metabólicas (Bergh, 1992). Por ejemplo, la ingesta de 100 g de palta nos aporta un quinto

Tabla 7.1. Composición de una porción comestible de palta.

Nutriente (unidad)	Valor en 100 g	1 Fruta 136 g*
Agua (g)	72,3	98,4
Proteínas (g)	2,0	2,7
Carbohidratos, por diferencia (g)	8,6	11,8
Fibra dietaria total (g)	6,8	9,2
Azúcares totales (g)	0,30	0,41
Sacarosa (g)	0,06	0,08
Glucosa (dextrosa) (g)	0,08	0,11
Fructosa (g)	0,08	0,11
Galactosa (g)	0,08	0,11
Almidón (g)	0,11	0,15
Lípidos totales (g)	15,4	21,0
Ácidos grasos saturados totales (g)	2,13	2,89
Palmítico 16:0 (g)	2,08	2,82
Ácidos grasos monoinsaturados totales (g)	9,80	13,33
Palmitoleico 16:1 (g)	0,70	0,95
Oleico 18:1 (g)	9,07	12,33
Ácidos grasos polinsaturados totales (g)	1,82	2,47
Linoleico 18:2 (g)	1,67	2,28
α -Linoléico 18:3 (g)	0,13	0,17
Potasio (mg)	507,0	690,0
Fósforo (mg)	54,0	73,0
Magnesio (mg)	29,0	39,0
Calcio (mg)	13,0	18,0
Sodio (mg)	8,0	11,0
Zinc (mg)	0,7	0,9
Hierro (mg)	0,6	0,8
Vitamina A (μ g)	7,0	10,0
Vitamina B6 (mg)	0,29	0,39
Vitamina C, ácido ascórbico total (mg)	8,8	12,0
Vitamina K (filoquinona) (μ g)	21,0	28,6
Vitamina E (alfa-tocoferol) (mg)	2,0	2,7
Beta tocoferol (mg)	0,04	0,05
Gama tocoferol (mg)	0,32	0,44
Delta tocoferol (mg)	0,02	0,03
Tiamina (mg)	0,08	0,10

Continuación Tabla 7.1.

Nutriente (unidad)	Valor en 100 g	1 Fruta 136 g*
Riboflavina (mg)	0,14	0,19
Niacina (mg)	1,9	2,6
Folato DFE (µg)	89,0	121,0
Beta caroteno (µg)	63,0	86,0
Alfa caroteno (µg)	24,0	33,0
Beta criptoxantina (µg)	27,0	37,0
Luteína + zeaxantina (µg)	271,0	369,0

* Fruta madura, sin piel y sin semilla.

de las necesidades diarias de vitamina C, B6 y E (Dreher y Davenport, 2013). En lo que respecta a minerales, esta fruta es un alimento rico en potasio (sobre 500 mg en 100 g de palta) y bajo en sodio (sólo 8 mg en 100 g), lo cual ayudaría a controlar la presión arterial y con ello el riesgo de la presencia de accidentes vasculares.

Dentro de los principales componentes que influyen en la calidad de la palta, se destacan los lípidos debido a la alta proporción que tienen en esta fruta y los compuestos volátiles, especialmente los provenientes de la ruta de degradación de lípidos que tienen un alto impacto a nivel olfatorio. Por ende, los lípidos y los volátiles en conjunto con otros componentes que se encuentran en menor proporción pueden ser capaces de afectar la percepción del consumidor a cierto tipo de alimento y por supuesto en la palta.

7.2. LÍPIDOS Y ÁCIDOS GRASOS

Los lípidos o grasas aportan energía y ácidos grasos esenciales (que no son sintetizados por el organismo de los seres humanos) para diversas funciones del cuerpo y sirven como transporte a las vitaminas A, D, E y K. Según datos de la OMS un hombre promedio debería consumir cerca de 2.500 calorías (Kcal) al día, esto significa que debería tener una ingesta entre 40-80 g de lípidos dependiendo de su edad y actividad física. Los lípidos son compuestos que contienen uno o más ácidos

grasos y es esta combinación la que determina las características físicas y nutricionales del lípido. Éstos son los componentes principales de la pulpa de la palta (60-80% de la materia seca), siendo la cantidad y calidad de lípidos presentes los principales responsables del sabor, textura y cualidades nutricionales del fruto (Yousef y Hassaneine, 2010). Los lípidos son sintetizados sólo durante el crecimiento del fruto en el árbol y no durante la maduración (Requejo-Tapia *et al.*, 1999); y es por ende, que en ese momento se determina la composición lipídica que va a tener el fruto una vez que éste llegue a la maduración.

En el mesocarpo de la palta se pueden encontrar ácidos grasos de cadena larga, con 16 o más átomos de carbono (Kikuta y Erickson, 1968). Los tipos de lípidos que contiene este fruto incluye tanto tri- como di- y monoglicéridos. Según la IUPAC (*Internacional Union of Pure and Applied Chemistry*) se establece que la nomenclatura para los ácidos grasos se debe indicar: el número de carbonos, la cantidad y la posición de los dobles enlaces, entre otros. Por ejemplo, C18 representa un ácido graso de 18 carbonos. Si es saturado (esto significa sin dobles enlaces) se designa como C18:0, y si es insaturado, dependiendo del número de dobles enlaces, será C18:1, C18:2, o C18:3, cuando es mono, di- o tri-insaturado, respectivamente (Valenzuela, 2008). En paltas maduras aproximadamente el 85% de estos lípidos son triglicéridos y están normalmente destinados como material de almacenamiento para proporcionar fuentes de carbono y energía. Cien gramos de esta fruta pueden llegar a contener 2,1 g de ácidos grasos saturados; 9,8 g de monoinsaturados y 1,8 g de ácidos grasos poliinsaturados.

Respecto al contenido de ácidos grasos, los más abundantes en el mesocarpo de la palta corresponden en orden decreciente a: ácido oleico (composición 18:1), palmítico (16:0), linoleico (18:2), palmitoleico (16:1) y α -linolénico (18:3) (Requejo-Tapia *et al.*, 1999; Schwartz *et al.*, 2007). Por consiguiente, debido a su bajo porcentaje de grasas saturadas y alto contenido de ácido oleico, la palta puede contribuir a combatir enfermedades cardiovasculares. El perfil de ácidos grasos, aunque varía según el tiempo de cosecha, no parece estar relacionado con el evento de maduración en sí (Meyer y Terry, 2010). Al estudiar el perfil de ácidos grasos se puede observar que el mayor cambio ocurre entre el principio y el final de la temporada de cosecha,

en donde los ácidos oleico, linoléico y linolénico son los ácidos grasos que más cambios presentan (Kaiser y Wolstenholme, 1994; Requejo-Tapia *et al.*, 1999; Meyer y Terry, 2010). Las tres familias de ácidos grasos insaturados que tienen importancia biológica se derivan del ácido oleico, del ácido linoleico y del ácido linolénico. Estos ácidos orgánicos son los predominantes en la palta y sirven como sustrato para la síntesis de una serie de otros ácidos grasos insaturados de cadena larga mediante una serie de procesos de elongación de la cadena carbonada y de desaturación de dobles enlaces, conformando familias de compuestos denominados ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (PUFA, poliunsaturated fatty acids) (Benatti, *et al.*, 2004). Estos PUFAs pueden tener efectos beneficiosos sobre diversos procesos fisiológicos en la salud normal de un individuo o sobre enfermedades crónicas, tales como el de regular los niveles de plasma, la función inmune y cardiovascular, la acción de la insulina, el desarrollo neuronal y la visión. En el capítulo 8 de este boletín se revisa cómo las condiciones agroclimáticas afectan la composición de ácidos grasos de palta var. 'Hass' producida en Chile.

7.3. COMPUESTOS AROMÁTICOS

Otro componente crucial en la percepción del consumidor respecto a la calidad de la fruta son los volátiles aromáticos que determinan o generan el aroma característico de un producto. El aroma es un atributo complejo de estudiar y analizar debido a la falta de un vocabulario estándar entre personas y por la amplia variedad de volátiles. Se han descrito más de 17.000 diferentes tipos de olores, de los cuales una persona entrenada puede detectar entre 150-200 (Meilgaard *et al.*, 2007). Por ejemplo, el tomate genera más de 400 compuestos volátiles (Buttery, 1993) y una frutilla cerca de 360 volátiles (McFadden *et al.*, 1965). Todos estos potenciales volátiles generados se pueden clasificar en varias categorías químicas incluyendo terpenos, ésteres, aldehídos, alcoholes, y cetonas.

En frutos frescos, los ésteres, aldehídos y alcoholes son considerados los más importantes en la percepción aromática y en la generación de aromas (Paliyath y Murr, 2008). Una fruta produce y emite su aroma

típico durante su desarrollo y madurez. Estos compuestos aromáticos han sido reportados como un indicador de maduración, destacándose el hecho de que existen algunos elementos volátiles que se encuentran en frutas maduras y que no se encuentran en el fruto inmaduro o en tejidos vegetativos como la hoja (Schwab *et al.*, 2008). En manzanas por ejemplo, la máxima producción de volátiles coincide con el máximo respiratorio y de producción de etileno y la mayoría de estos compuestos volátiles están bajo el control de etileno (Defilippi *et al.*, 2005). Por otra parte, es importante destacar que el perfil aromático de un fruto intacto no es el mismo que después de ocurrida la disrupción celular, durante el proceso de masticación. Así un fruto intacto produce principalmente ésteres y estos compuestos aromáticos son producidos de forma "autónoma", pues no hay producción de aldehídos derivados de la ruta de la enzima lipoxigenasa (LOX) (Contreras y Beaudry, 2013). Los compuestos volátiles de 6 y 9 carbonos como lo son los aldehídos y alcoholes provienen de esa ruta, en donde LOX cataliza la dioxigenación de ácidos grasos insaturados como el ácido linoleico (Liavonchanca y Feussner, 2006).

Se ha reportado que mientras más aceite contenga la palta (esto significa mientras más avanzada sea la cosecha de ésta) la aceptabilidad del consumidor aumenta, lo cual es consistente con que el fruto sea más cremoso, menos "aguado" y con un sabor más intenso y menos verdoso (Obenland *et al.*, 2012). El aroma de la palta progresa durante la maduración y este cambio se puede relacionar directamente en cuanto a la cantidad de los volátiles presentes. En palta existen diversos trabajos que tratan de identificar los compuestos volátiles característicos de la palta, sin embargo existen algunas divergencias en el tipo de compuestos preponderantes, debido principalmente a los distintos métodos de extracción utilizados, a los estados de maduración sobre los cuales se realizaron los estudios y principalmente al cultivar en cuestión. Por ejemplo, Sinyinda y Gramshaw (2004) destacan a los terpenos, que comprenden un 80% del extracto, como los principales constituyentes del aroma de esta fruta, además de volátiles derivados de lípidos como heptanal y hexanal; este último compuesto volátil se forma debido a la acción de la LOX sobre el ácido linoléico (Riley *et al.*, 1996). Por otra parte, en otro estudio (Pino *et al.*, 2004) se reportan nuevamente a los terpenos como los componentes primarios de palta, sin embargo repor-

tan una gran variación en la composición respecto a la publicación mencionada anteriormente. Otros estudios, realizados mediante olfactometría, destacan que los factores más importantes en el aroma de la palta son el linalol (fragancia fresca, cítrica), alpha terpineol (fragancia de la palta), beta pineno (limón), beta mirceno (herbal) y estragol (fragancia a anís) (Guzman-Geronimo *et al.*, 2001).

En estudios realizados en la Unidad de Postcosecha de INIA-La Platina, se ha observado que entre los compuestos volátiles más destacados se encuentran los alcoholes y aldehídos, los cuales además de estar en una importante cantidad, tienen el valor activo odorante (VAO) más alto respecto a compuestos que se encuentran en gran cantidad pero que no son percibidos por el olfato humano. Fragancias como el 2-heptanol (herbal, limón), el pentanal (dulce), hexanal (aceitoso, palta), trans 2-hexanal (pasto), fenol (aceite), isoamil acetato (dulce, frutal), etil butirato (frutal), dimetil disulfido (vegetal, tomate) y dimetil trisulfido (espárrago) son los principales compuestos presentes en frutos recién cosechados. Además, al comparar el perfil olfatorio de muestras cosechadas con paltas maduras, se observan diferencias en el contenido de volátiles entre ambos estadios, corroborando que existe una evolución del contenido de volátiles desde el momento en que el fruto es cosechado hasta la maduración.

Estudios recientes mediante microextracción en fase sólida o SPME, han encontrado más de 25 compuestos volátiles que componen el aroma de la palta (Obenland *et al.*, 2012). De estos solo 12 de ellos cambian durante la maduración, en donde los volátiles que aportan a un componente "verdoso" (hexanal, 2-hexenal, 2,4-hexanedial) tendieron a disminuir durante el proceso hasta en un 85% en comparación entre la fruta firme y madura. De estos compuestos, el que tiene mayor presencia en el extracto aromático es el hexanal, cuya concentración en todas las muestras excede al umbral olfatorio perceptible por el ser humano.

En un estudio realizado por la Unidad de Postcosecha de INIA-La Platina utilizando paltas var. 'Hass' del huerto "La Viluma" en Melipilla, se pudo observar que el hexanal tiene una elevada concentración durante el desarrollo, la que se reduce considerablemente al acercarse el momen-

to de la cosecha (**Figura 7.1**). Posteriormente, una vez que las paltas son cosechadas, la concentración de este compuesto continúa disminuyendo paulatinamente y en forma significativa a lo largo de la maduración. La disminución del compuesto hexanal se comienza a observar desde el desarrollo. Se ha visto que el compuesto hexanal está involucrado en la defensa de la planta, la cual es más importante durante el desarrollo. De tal forma pareciese que el hexanal podría ser principal componente del aroma de la palta.

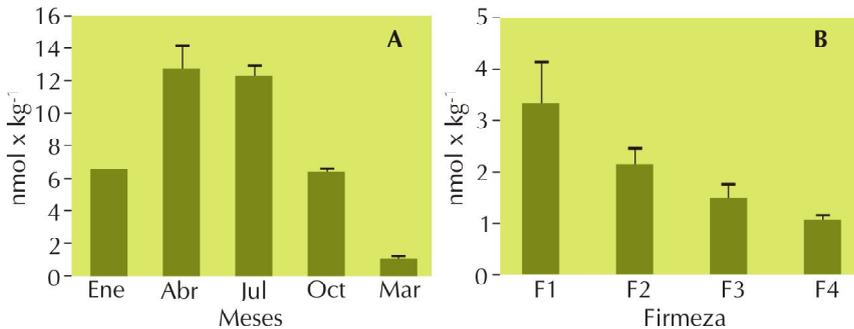


Figura 7.1. Producción del compuesto volátil hexanal. **A)** Precosecha de paltas var. 'Hass' comprendida entre los meses de Enero 2012 hasta Marzo 2013, momento en que se realiza la cosecha. **B)** Evaluación de la variación en la concentración de hexanal a lo largo de la maduración, representada en 4 grupos de firmeza, característicos de la evolución del ablandamiento el fruto (F1-F4), donde F1 corresponde a firmeza de cosecha y F4 madurez de consumo.

7.4. AZÚCARES

La maduración de las frutas está acompañada de una importante alza respiratoria (Rhodes, 1981). Esta condición es dada por un aumento en el metabolismo de carbono, en donde aumenta en gran cantidad el flujo de carbono a través de la glicólisis (Solomos y Laties, 1974). En frutos, los azúcares son importantes para los procesos de señalización celular, producción de energía y respiración metabólica sirviendo como sustrato para la respiración celular, además de ser componentes impor-

tantes de la pared celular que provee de protección, rigidez y estabilidad a la célula. En palta, los carbohidratos son una fuente esencial de energía para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento (Liu *et al.*, 1999a). Durante el desarrollo, la mayoría de las frutas tales como el kiwi, la manzana, el mango y el plátano entre otras, usan el almidón como única fuente de almacenamiento de carbono, y por ende de energía; en cambio la palta almacena carbono tanto en forma de almidón como de lípidos. Es tal vez debido a eso último que la palta no acumula tantos azúcares y estos son menos relevantes que los lípidos para el metabolismo de esta fruta. Pese a eso, se ha identificado que en esta fruta son cinco los principales azúcares, que constituyen cerca del 98% de los azúcares solubles totales: el disacárido sacarosa, las hexosas fructosa y glucosa, y dos azúcares poco comunes de 7 carbonos (C7), el azúcar reductor manoheptulosa y su forma reducida el perseitol (Liu *et al.*, 1999b). A lo largo de la maduración se puede observar una disminución importante de los azúcares del fruto en donde los azúcares C7 llegan a casi desaparecer en el momento que el fruto ya está maduro (Liu *et al.*, 1999b; Liu *et al.*, 2002) y a medida que aumenta el contenido de aceites disminuye el contenido de azúcares; estos últimos son utilizados en los frutos para la producción de energía vía glicólisis (Purev *et al.*, 2008). Esto sugiere que los azúcares C7 juegan un papel importante en la respiración durante el proceso de maduración.

Como hemos visto en este y en otros capítulos, la maduración de la palta no ocurre en el árbol y sucede una vez que el fruto es cosechado. Se cree que existiría un inhibidor de la maduración en el árbol de palta que impide que se inicie el proceso en el mismo y que podría funcionar como una sustancia aniónica que cambia su concentración a medida que la cosecha progresa (Werman y Neeman, 1987). El azúcar manoheptulosa ha sido postulado como un posible inhibidor de la maduración del fruto. Este azúcar podría cumplir un papel multifuncional en el fruto, siendo la presencia del mismo durante la precosecha y posteriormente en postcosecha un importante factor en la mantención de la calidad del fruto y en la inhibición de la maduración (Liu *et al.*, 2002; Tesfay *et al.*, 2012). A medida que el tiempo de permanencia en el árbol progresa se produce una diferencia en la concentración de este azúcar en el fruto y los frutos provenientes de cosechas más avanzadas tienen niveles muy bajos de este compuesto (Meyer y Terry, 2010).

7.5. ACIDEZ Y ÁCIDOS ORGÁNICOS

La acidez se asocia tanto con el "dulzor" como con el "amargor" de una fruta. La forma más ampliamente utilizada para medir este parámetro es mediante la cuantificación de la acidez titulable (Lobit *et al.*, 2002). Sin embargo la acidez de las frutas es un carácter aún más complejo y está dada en mayor medida por la acumulación/degradación de ácidos orgánicos durante el desarrollo y maduración de las mismas (Hernández-Muñoz *et al.*, 2006). Los principales ácidos orgánicos presentes en la mayoría de los frutos son el cítrico, el málico y el tartárico. En general, el contenido de ácidos orgánicos en el fruto aumenta durante su desarrollo y disminuye mientras avanza la maduración, presumiblemente debido a su utilización de estos como sustratos en la respiración o a en su conversión a azúcares. En el período de maduración de la fruta hay un aumento en la actividad metabólica y ácidos orgánicos son, por excelencia, una fuente de reserva de energía de la fruta a través del ciclo de Krebs. El ácido predominante que se encuentra en la palta es el ácido tartárico aunque, en teoría, cada metabolito capaz de donar un protón, incluyendo ácidos grasos, también contribuyen a la acidez total del fruto (Omar *et al.*, 2012).

A la fecha es poca la importancia que se le ha dado en palta a la influencia de la acidez en el sabor de esta fruta y por ende hay pocos trabajos relacionados. Por ejemplo, Ahmed *et al.* (2010) estudiaron cambios durante la maduración de paltas var. 'Fuerte', encontrando que tanto la acidez titulable como los sólidos solubles muestran una disminución leve y significativa. Por otra parte, describen una disminución leve y no significativa en el contenido de ácido ascórbico durante todo el período de maduración por 2 semanas a 20°C. En el caso de frutos de la var. 'Hass' producidos en la región de Algarve en Portugal, se observó que la semilla tiene una mayor acidez que la piel o la pulpa. La acidez de este último tejido se reporta que era superior a la exhibida en paltas de la var. 'Hass' de origen americano ($0,04 \pm 0,01\%$ de ácido cítrico) (Arias *et al.*, 2012). En cualquier caso, frutas del cultivar 'Hass' se pueden considerar una fruta no ácida (Vinha *et al.*, 2013).

En cuanto a los ácidos orgánicos predominantes en la palta, ésta a diferencia de la mayoría de las frutas carece casi totalmente de ácido cítrico

y málico, siendo el ácido predominante el tartárico (Duckworth, 1966). El ácido tartárico es un ácido orgánico no fermentable, es decir es prácticamente inerte al metabolismo de un organismo y no es oxidado durante fermentaciones. En uva, por ejemplo, está asociado al potencial de 'añejado', siendo agregado externamente en la producción de vino para así controlar el pH evitando tanto un daño oxidativo como microbiano. Su función biológica aún no ha sido determinada (Debolt *et al.*, 2006).

En un trabajo realizado en la Unidad de Postcosecha de INIA-La Platina se analizó el perfil de ácidos orgánicos durante la maduración de paltas var. 'Hass'. Se analizaron cambios en los patrones de estos ácidos durante esta etapa, desde cosecha hasta 15 días en frutas almacenadas a 20°C, realizando extracciones y una separación e identificación mediante HPLC (cromatografía líquida de alta resolución). Una vez realizadas las mediciones, fue posible observar los perfiles de acumulación de cinco ácidos detectados: ácidos tartárico, málico, ascórbico, cítrico y succínico (**Figura 7.2**). Se observa una disminución de la cantidad de

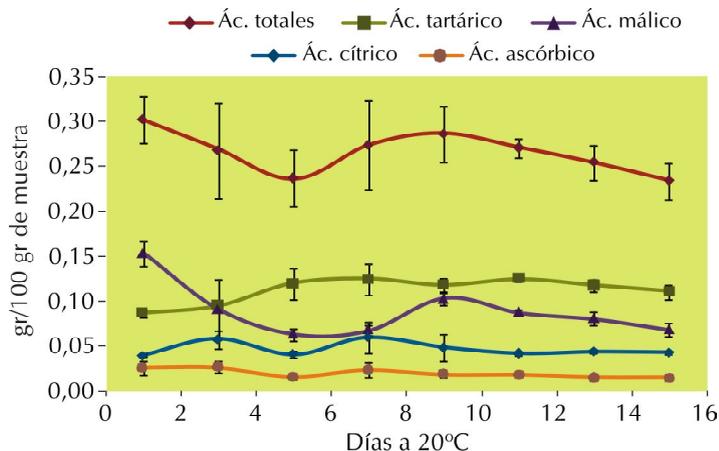


Figura 7.2. Perfil de ácidos orgánicos durante la maduración de palta var. 'Hass'. Cuantificación mediante HPLC de los principales ácidos orgánicos identificados durante el almacenamiento a 20°C desde cosecha hasta alcanzar madurez de consumo. Se graficaron según los mg de ácido detectado por 1 g de peso fresco en cada muestra, barras en los gráficos corresponden a la desviación estándar de de 6 muestras biológicas.

ácidos totales a medida que avanza la maduración lo que es concomitante con la baja en la acidez titulable durante ese periodo. Esta disminución esta dada esencialmente por el drástico descenso en el contenido en ácido málico, lo que era esperable según la literatura. Además se pudo confirmar que el ácido predominante al momento de alcanzar la madurez de consumo es el ácido tartárico, el cual se observa casi sin cambios desde la cosecha. La presencia de los otros dos ácidos, cítrico y ascórbico, es casi imperceptible y poco contribuirían a la acidez de la palta.

LITERATURA CITADA

- Ahmed, D.M., Yousef, A.R.M., Hassan, H.A.S. 2010. Relationship between electrical conductivity, softening and color of Fuerte avocado fruits during ripening. *Agriculture Biology Journal North America*, 1: 878-885.
- Arias, L.E.H., Gómez, J.H.P., Salazar, J.A. 2012. Application of the matrixes engineering on the development of minimally processed Hass avocado (*Persea americana* Mill) with additions of vitamin C and calcium. *Revista Lasallista Investigación*, 9: 44-54.
- Benatti, P., Peluso, G., Nicolai, R., Calvani, M. 2004. Polyunsaturated fatty acids: biochemical, nutritional and epigenetic properties. *J Am Coll Nutr* 23: 281-302.
- Bergh, B. 1992. Nutritious value of avocado. CA: California Avocado Society Book. pp. 123-135.
- Buttery, R.G. 1993. Quantitative and sensory aspects of flavor of tomato and other vegetables and fruits, *In*: T.E. Acree and R. Teranishi (eds.). *Flavor science: Sensible principles and techniques*. Amer. Chem. Soc., Washington, D.C. pp 259-286.
- Contreras, C., Beaudry, R. 2013. Lipoxygenase-associated apple volatiles and their relationship with aroma perception during ripening. *Postharvest Biol. and Technol.* 82: 28-38.

- Cresswell, A. 1970. The biochemistry of fruits and their products. 1st Edition Academic Press. Pp. 172-175.
- DeBolt, S., Cook, D., Ford, C. 2006. L-Tartaric acid synthesis from vitamin C in higher plants. PNAS, 103: 5608-5613.
- Defilippi, B., Dandekar, A., Kader, A. 2005. Relationship of ethylene biosynthesis to volatile production, related enzymes, and precursor availability in apple peel and flesh tissues. J. Agric. Food Chem. 53: 3133-3141.
- Dreher, M., Davenport, A. 2013. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 53: 738-750.
- Duckworth, R.B., 1966. Concerning the Utilization of Fruit and Vegetables. *In*: Fruit and Vegetables. (eds). Pergamon Press Limited, Oxford. pp 11-14.
- Guzmán-Gerónimo, R.I., Lopez, M.G., Dorantes-Alvarez, L. 2008. Microwave processing of avocado: volatile flavor profiling and olfactometry. Innovative food science and tech. 9: 501-506.
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Ocio, M. J., Gavara, R. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coating on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). Postharvest Biology Technology, 39: 247-253.
- Kaiser, C., Wolstenholme, B. N. 1994. Aspects of delayed harvest of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in cool subtropical climate. I. Fruit lipid and fatty acid accumulation. Jour Hort Sci. 69: 437-445.
- Kikuta, Y., Erickson, L.C. 1968. Seasonal changes of avocado lipids during fruit development and storage. California Avocado Society Yearbook, 52: 102-108.

- Klee, H.J. 2010. Improving the flavor of fresh fruits: genomics, biochemistry and biotechnology. 187: 44-56.
- Liavonchanka, A., Feussner, I. 2006. Lipoxygenases: occurrence, functions and catalysis. *J. Plant Physiol.* 163: 348-357.
- Liu, X., Robinson, P.W., Madore, M.A., Witney, G.W., Arpaia, M.L. 1999a. 'Hass' avocado carbohydrate fluctuations. I. Growth and phenology. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 124: 671-675.
- Liu, X., Robinson, P.W., Madore, M.A., Witney, G.W., Arpaia, M.L. 1999b. 'Hass' avocado carbohydrate fluctuations. II. Fruit growth and ripening. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 124: 679-681.
- Liu, X., Sievert, J., Arpaia, M.L., Modore, M.A. 2002. Postulated physiological roles of the seven-carbon sugars, mannoheptulose, and perseitol in avocado. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127: 108-114.
- Lobit, P., Soing, P., Genard, M., Habib, R. 2002. Theoretical analysis of relationships between composition, pH, and titratable acidity of peach fruit. *J. Plant Nutr.* 25: 2775-2792.
- McFadden, W.H., Teranishi, R., Corse, J., Black, D.R., Mon, T.R. 1965. Volatiles from strawberries. II. Combined mass spectrometry and gas chromatography on complex mixtures. *J. Chromatog.* 18: 10-19.
- Meilgaard, M.C., Civille, G.V., Carr, B.T., Taylor Francis Group, 2007. Sensory attributes and the way we perceive them. In: *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, Florida, pp. 7-24.
- Meyer, M.D., Terry, L.A. 2010. Fatty acid and sugar composition of avocado, cv. Hass, in response to treatment with an ethylene scavenger or 1-methylcyclopropene to extend storage life. *Food chem.* 121: 1203-1210.
- Obenland, D., Collin, S., Sievert, J., Negmb, .F., Arpaia, M.L. 2012. Influence of maturity and ripening on aroma volatiles and favor in 'Hass' avocado. *Postharvest Biol Technol.* 71: 41-50.

- Omar, A.F., Atan, H., MatJafri, M.Z. 2012. NIR Spectroscopic properties of aqueous acids solutions. *Molecules* 17 : 7440-7450.
- Paliyath, G., Murr, D. 2008. Common fruits, vegetables, flowers, and their quality. *In: Paliyath, G., Murr, D., Handa, A. and Lurie, S (Eds.). Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers.* Singapore: Markono Print Media Pte. Ltd. pp 482.
- Pino, J.A, Marbot, R., Rosado, A., Fuentes, V. 2004. Volatile components of avocado (*Persea americana* Mill) cv Moro grown in cuba. *J. Essent. Oil. Res.* 16: 139-140.
- Purev, M., Kim, M.K, Samdan, N., Yang, D.C. 2008. Isolation of a novel fructose-1,6-bisphosphate aldolase gene from *Codonopsis lanceolata* and analysis of the response of this gene to abiotic stresses. *Mol. Biol.* 42: 206-213.
- Requejo-Tapia, L.C., Woolf, A.B., Roughan, G., Schroeder, R., Young, H., White, A. 1999. Seasonal changes in lipid content and fatty acid composition of 'Hass' avocados. *Avocado Postharvest Research: (1998/99).* pp 1-29.
- Rhodes, M.J.C. 1981. The maturation and ripening of fruits. *In "Senescence in Plants" (K. V. Thimann, ed.). CRC Press, Boca Raton.* Pp. 157-205.
- Riley, J.C.M., Willemot, C., Thompson, J.E. 1996. Lipoxygenase and hydroperoxide lyase activities in ripening tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 7: 97-107.
- Schwab,W., Davidovich-Rikanati, R., Lewinsohn,E. 2008. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *Plant J.* 5: 712-732.
- Schwartz, M, Olaeta, J.A., Undurraga, P., Costa V. 2007. Mejoramiento del rendimiento de extracción de aceite de Palta (Aguacate). *Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate), Viña del mar, Chile.* ISBN N° 978-956-17-0413-8.

- Sinyinda, S., Gramshaw, J.W. 1998. Volátiles of avocado fruit. Food chem. 62: 483-487.
- Solomos, T., Laties, G.C. 1974. Similarities between the actions of ethylene and cyanide in initiating the climacteric and ripening in avocados. Plant Physiol. 54: 506-511.
- Tesfay, S.Z., Bertling, I., Bower, J.P. 2012. D-Mannoheptulose and perseitol in 'Hass' avocado: metabolism in seed and mesocarp tissue. South African Journal of Botany 79: 159-165.
- Valenzuela, A. 2008. Isomeric trans fatty acids I. Origin and effects in human health. Rev Chil Nutr. 35: 162-171.
- Van Den Dool, B., Wolstenholme, B. 1983. Further studies on avocado fruit growth and maturity in Inland Natal. S. Afr. Avocado Grow Assn. 6: 34-40.
- Vinha, A.F., Moreira, J., Barreira, S.V.P. 2013. Physicochemical Parameters, Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of the Algarvian Avocado (*Persea americana* Mill.). Journal of Agricultural Science 5: 100-109.
- Werman, M.J., Neeman, T. 1987. Avocado oil production and chemical characteristics. J. Am. Oil Chem. Soc. 64: 279-232.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D. 2007. Evaluation and management of quality. In: Will, R.B.H. (Ed.). Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. University of New South Wales Press Ltd. Sydney, Australia. 227pp.
- Yousef, A., Hassaneine, M. 2010. Influence of different harvest dates and ripening periods on fruit quality and oil characteristics of Fuerte avocados. Agric. Biol. J. N. Am., 1: 1223-1230.