

SIMIENENTE

VOLUMEN 85 (1-2) ENERO-JUNIO 2015



SOCIEDAD AGRONÓMICA DE CHILE

SIMIENTE

Fundada el 1 de Octubre de 1942

Órgano Oficial de Difusión de la Sociedad Agronómica de Chile

SIMIENTE se publica trimestralmente por la Sociedad Agronómica de Chile (SACH).

Los trabajos a presentar deben enviarse a:

Editor:

Mac Iver 120, Oficina 36, Santiago-Chile

Casilla 4109, Santiago-Chile

Fono: (56-2) 2638 48 81

Correo electrónico: sociedad.agronomica.chile@gmail.com

La preparación de los artículos debe ceñirse a las "Normas de publicación" que aparecen en las páginas II y III.

Referencia bibliográfica SIMIENTE

Se autoriza la reproducción total o parcial de los trabajos publicados en SIMIENTE, siempre que se cite debidamente la fuente y los autores correspondientes.

La SACH no se responsabiliza por las declaraciones y opiniones publicadas en SIMIENTE; ellas representan los puntos de vista de los autores de los artículos y no necesariamente los de la Sociedad Agronómica de Chile. La mención de productos o marcas comerciales no implica su recomendación por la SACH.

Sociedad Agronómica de Chile

Fundada el 28 de agosto de 1910

Mac Iver 124), Oficina 36, Santiago-Chile

Casilla 4109, Santiago-Chile

Fono: (56-2) 2638 48 81

Correo electrónico: sociedad.agronomica.chile@gmail.com

Diseño y Diagramación:

Denisse Espinoza Aravena.

Consejo Directivo 2015

Presidente: Horst Berger S. Ing. Agrónomo

Vicepresidenta: Rina Acuña R. Ing. Agrónomo

Tesorero: Ximena López. Ing. Agrónomo

Secretaria: Carmen Gloria de Val. Ing. Agrónomo, M. Sc.

Consejeros:

Horst Berger S., Ing. Agr.

Rina Acuña R., Ing. Agr.

Ximena López C, Ing. Agr.

Cármén Gloria de Val, Ing. Agr., M. Sc.

Patricio Almarza, Ing. Agr.

Peter Seemann, Ing. Agr., Dr.

Christel Oberpaur, Ing. Agr. M. Sc.

María Luisa Tapia F., Ing. Agr. M. Sc.

Pedro Calandra B., Bibliotecario.

ISSN: 0037-5403

SIMIENTE

Representante Legal

Horst Berger S.

Ingeniero Agrónomo

Presidente SACH

Directora

María Luisa Tapia F.

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Editora

María Luisa Tapia F.

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Editores asociados

Postcosecha y Agroindustria

Ljubica Galletti G., Ing. Agr.

Horst Berger S., Ing. Agr.

María Luisa Tapia F., Ing. Agr. M Sc.

Ana Cecilia Silveira, Ing. Agr. Dr.

Victor Hugo Escalona, Ing. Agr. Dr.

Andrés Bustamante, Med. Vet. Dr.

Fernanda Zaccari, Ing. Agr. Dr.

Giovanni Gallietta, Ing. Agr. Dr.

Ximena López, Ing. Agr.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

SIMIENTE es el órgano oficial de difusión científica de la Sociedad Agronómica de Chile en el que se da a conocer los resultados de investigaciones científicas en el ámbito agropecuario, con el objeto de proporcionar información sobre el desarrollo científico-tecnológico del sector.

Los artículos para publicar en **SIMIENTE** deben ser originales, es decir no pueden haber sido publicados previa o simultáneamente en otra revista científica o técnica.

Los trabajos propuestos para publicación deben enviarse en forma electrónica vía correo electrónico o en CD y con cuatro copias, escritas a espacio y medio, letra Arial 12, en papel tamaño carta al Editor de la revista **SIMIENTE**, Mac-Iver 120, oficina 36. Santiago. Chile.

Una vez aceptado el trabajo, el (los) autor (es) deberán incorporar las sugerencias de los revisores y remitir CD o correo electrónico, escrito con los procesadores de texto Word, a 1½; espacio, sin sangría. Las tablas y gráficos deben enviarse en archivos separados, señalándose en el texto su ubicación. Las fotos en blanco y negro, deben enviarse por separado, adecuadamente identificadas, en papel brillante y en aplicación de 12 x 18 cm.

Se recibirán trabajos para publicar en las siguientes secciones:

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, los cuales deben incluir los siguientes capítulos:

- I. **Resumen**, que debe contener una condensación de los objetivos, métodos, resultados y conclusiones principales.
- II. **Abstract**, traducción del Resumen al idioma inglés.
- III. **Palabras clave**, cinco como máximo, no usadas en el Título, que sirven como índices identificatorios. Puede incluirse nombres comunes y científicos de especies, sustancias, tecnologías, etc.
- IV. **Introducción**, revisión bibliográfica concisa, donde se indicará el objetivo e hipótesis de la investigación y su relación con otros trabajos relevantes (propios o de otros autores)
- V. **Materiales y Métodos**, descripción concisa de los materiales y Métodos usados en la investigación; si las técnicas o procedimientos han sido publicados anteriormente, mencionar sólo sus fuentes bibliográficas e incluir detalles que representan modificaciones sustanciales del procedimiento original.
- VI. **Resultados**. Se presentarán, en lo posible, en Tablas y/o Figuras, que deberán ser reemplazadas, cuando corresponda, por análisis estadístico, evitando la repetición y seleccionando la forma que en cada caso resulte adecuada para la mejor interpretación de los resultados.
- VII. **Discusión**. Debe ser breve y restringirse a los aspectos significativos del trabajo. En caso que, a juicio de los autores, la naturaleza del trabajo lo permita, los Resultados y la Discusión pueden presentarse en conjunto, bajo el título general de Resultados y Discusión.
- VIII. **Literatura citada**. Listado alfabético de las referencias bibliográficas utilizadas, (ver ejemplos en Normas de Estilo).

NOTAS TÉCNICAS. La estructura no está sujeta a lo establecido para los trabajos de investigación, por tratarse de notas cortas sobre avances de investigaciones, determinación de especies, descripción de métodos de investigación, etc. Sin embargo, debe incluir un Resumen, un Abstract y la Literatura Citada.

REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS. Trabajos de investigación Bibliográfica en la especialidad del autor y estructura libre. Debe incluir Resumen y Literatura Citada.

PUNTOS DE VISTA. Comprende artículos cortos de material de actualidad, revisiones de libros de reciente publicación, asistencia a Congresos, reuniones científicas e índices de Revistas. Deben incluir Literatura Citada.

Además, **SIMIENTE** publicará los trabajos que se presenten en los Simposios o como trabajos libres de los Congresos de la SACH, u otras agrupaciones asociadas a la misma. Los Simposios y los trabajos de estructura libre, deben contener Resumen, Abstract y Literatura Citada, y los Resúmenes deben contener una condensación informativa de los métodos, resultados y conclusiones principales, señalando cuando corresponda, la fuente de financiamiento.

NORMAS DE ESTILO

Título (español e inglés). Descripción concisa y única del contenido del artículo. El Título contendrá el superíndice (1) de llamada de pie de página para indicar agradecimiento y /o fuente de financiamiento.

Autor (es). Se indicará nombre y apellido paterno completos e inicial del apellido materno. Con pie de página se debe indicar la o las instituciones a las cuales pertenecen, incluyendo las direcciones postal v electrónica completas.

Encabezamientos de las secciones. Los encabezamientos de primera, segundo, tercer o cuarto orden deben ser fácilmente distinguibles y no numerados.

Tablas. Deben escribirse a un espacio. El título de cada Cuadro y Figura, en español e inglés, debe indicar su contenido de tal forma, que no se requiera explicaciones adicionales en el texto. Los encabezamientos de filas y columnas, como el pie de página, deben ser auto explicativos. Use superíndices numéricos para identificar los pies de página de las tablas. Use letras minúsculas para indicar diferencias significativas o separaciones de medias. Indique asimismo el nivel de probabilidad.

Figuras. Indique correlativamente todas las figuras (gráficos, figuras y fotografías). Las leyendas deben ser claras y concisas. El título de cada figura, en español e inglés, debe indicar su contenido de tal forma, que no se requiera explicaciones adicionales en el texto. Por razones de espacio, el Comité Editor se reserva el derecho de incluir o no las fotografías. Los dibujos gráficos deben ser originales, hechos sobre papel blanco. Además de las figuras en papel se solicita enviar figuras en versión electrónica, formato TIFF o JPG de las siguientes resoluciones: figuras en blanco v negro mínimo 600 dpi, las líneas no deben ser mas finas que 0.25 pts, los rellenos deben tener una densidad de por lo menos 10 % y las fotografías electrónicas deben tener resoluciones mínimas de 300 dpi. Resoluciones menores afectan la calidad de la impresión. Las fotografías no electrónicas deben ser claras, brillantes y montadas sobre una cartulina.

Figuras o fotografías en colores se podrán publicar con cargo al autor. En blanco y negro se publicarán sin costo.

Evite duplicidad de información en el texto, tablas y figuras.

Nombres científicos y palabras latinas. Deben escribirse utilizando el estilo cursivo de la fuente empleada.

Nombres comerciales y marcas. Estos nombres, de corta permanencia, deben ser evitados en el texto o referidos entre paréntesis o como llamada de pie de página. Use siempre el nombre técnico del ingrediente activo, fórmula química, pureza y / solvente. Los nombres registrados deben ser seguidos por R la primera vez que se cita en el Resumen y texto.

Abreviaturas y Sistema Métrico. Se debe usar el Sistema Internacional de Medidas y sus abreviaturas aceptadas. En caso de utilizarse siglas poco comunes, deberán indicarse completas la primera ve/ que se citan, seguidas de la sigla entre paréntesis. Todas las abreviaturas y siglas se usan sin punto.

Apéndices. Material informativo suplementario debe ser agregado como Apéndice y colocado antes de la Literatura Citada.

Literatura Citada.

Las referencias a libros, artículos, informes técnicos o trabajos de congresos o talleres deben ser listados en orden alfabético, al final del trabajo. Artículos no publicados, opiniones expertas no se incluyen en listado alfabético pero se pueden mencionar en el texto como comunicaciones personales indicando el nombre de autor. Es responsabilidad del autor obtener los permisos necesarios para citar trabajos no publicados

Ejemplos de citas:

Referencias. En el texto, las referencias deberán citarse entre paréntesis (Triviño y Riveros, 1985) o Astorga (1977), según sea el caso. Si son más de dos autores, citar el primer autor y et al., seguido del año, por ejemplo (Carrillo et al., 1994) Las referencias no publicadas o comunicaciones personales deben insertarse en el texto, indicando dicha condición en llamada de pie de página.

Las referencias deben colocarse en orden alfabético en la sección Literatura Citada, de acuerdo a los siguientes ejemplos:

Artículo en Revista: WTTHERS, L.A. 1993. *In vitro* storage and plant genetic conservation (Germplasm). Span. Pío-; 26(2): 72-74.

Libro: ALLARD, R.W. 1975. Principios de la mejora genética de plantas. 2ª Ed. Omega. Barcelona, España. 325 p.

Capítulo de Libro: WARSON, LA. 1970. The utilization of wild species in the breeding of cultivated crops resistant to plant pathogens. Págs., 441-457. In Frankel, O.H (ed.). Genetic resource in plants. Blackwell Scientific Publications. California. 360 p.

Tesis: Martínez M.F. 1978. Adaptación, rendimiento y estudio de caracteres en dos géneros de maíz, Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Fac.de Cs. Agrarias y Forestales. 100 p.

Boletines: LÓPEZ, G. 1976. El garbanzo, un cultivo importante en México. Folleto de Divulgación INIA 56.

Abstract: SALINAS, J. 1995. Biología de *Heliothis zea*. Simiente 66(4): 3(Abstr.).

Pruebas

Al autor principal se le enviarán las pruebas de imprenta por correo electrónico. Se espera respuesta con o sin correcciones dentro de las siguientes 96 horas. Sólo se podrán hacer correcciones menores y enviarlas en un correo electrónico adjunto. No modificar archivo enviado. Si fuera necesario correcciones más extensas enviarlas claramente identificadas en el archivo.

TABLA DE CONTENIDOS

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

Productos vegetales de IV Gama. Aspectos Generales	1
<i>Silvia del Carmen Rodríguez; Diego R. Gutiérrez y Sonia C. Sgroppo</i>	
Factores precosecha que afectan la calidad nutricional y sensorial de los productos de IV y V Gama	13
<i>Encarna Aguayo; Francisco Artés-Hernández y Perla Gómez</i>	
Índices de madurez, momento de cosecha y su efecto sobre la calidad de productos de IV Gama	27
<i>Natalia Moscoso; Catalina Vasco; Ruth Bastidas y Silvia Valencia-Chamorro</i>	
Aplicación de sensores para la determinación de la calidad y el establecimiento del momento óptimo de cosecha de productos hortofrutícolas	37
<i>Belén Diezma Iglesias; Guillermo Moreda Cantero y Margarita Ruiz-Altisent</i>	
Métodos de cosecha y preparación de hortalizas para la industria de IV y V Gama	55
<i>Carlos Inestroza-Lizardo; Hector Gomez-Gomez y Eleazar Túrcios R.</i>	

PRODUCTOS VEGETALES DE IV GAMA. ASPECTOS GENERALES

FRESH-CUT VEGETABLES. GENERAL FEATURES

Silvia Del Carmen Rodríguez,¹ Diego R. Gutiérrez,² Y Sonia C. Sgroppo³

¹Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Av. Belgrano (S) 1912. 4200. Santiago del Estero. e-mail: silviadepece@hotmail.com

²CITSE- CONICET. Estación Villa Zanjón- Santiago del Estero.

³Laboratorio de Tecnología Química y Bromatología. FACENA. UNNE. Av Libertad 5450. 3400. Corrientes. Argentina. e-mail: sonia.sgroppo@unne.edu.ar.com

RESUMEN

Las frutas y hortalizas son alimentos muy importantes en la dieta del hombre, pues son una excelente fuente de agua, minerales, fibras y compuestos bioactivos tales como polifenoles, carotenoides, tocoferoles y ácido ascórbico, entre otros, los cuales poseen efectos benéficos en la salud humana. En los últimos años a nivel mundial, ha crecido notablemente, tanto en países desarrollados como en desarrollo, la demanda de frutas y hortalizas frescas y se ofrecen en el mercado internacional una amplia variedad de frutas y hortalizas de IV gama. Estos vegetales han crecido en oferta y popularidad, asociados no solo a los beneficios potenciales que tienen para la salud del hombre, sino que intentan satisfacer la demanda de productos listos para consumir. En este trabajo se presentan los principales tópicos relacionados con el proceso de elaboración de los vegetales mínimamente procesados y los problemas asociados a su preparación. También se tratan aspectos relacionados a las tendencias mundiales de comercialización de este tipo de alimentos y cuales son las expectativas por parte del consumidor relacionados a los mismos.

Palabras claves: vegetales mínimamente procesados, beneficios, comercialización, tendencias.

ABSTRACT

Fruits and vegetables are very important food in the diet of man, for they are an excellent source of water, minerals, fiber and bioactive compounds such as polyphenols, carotenoids, tocopherols and ascorbic acid, among others, which have beneficial effects on health human. Demand of fruits and vegetables has grown significantly in developed and developing countries. These are offered in the international market like a wide variety of minimally processed vegetables. These foods have grown in supply and popularity and have been associated not only with potential benefits to human health, but also with try to meet the demand for ready-to-eat vegetables. The process of preparation of minimally processed vegetables and problems associated with it preparation are presented in this paper. Issues related to global trends marketing of these foods and what are the expectations from the consumer related to them are discussed.

Key words: minimally processed vegetables, benefits, marketing, tendencies.

INTRODUCCIÓN

Las frutas y hortalizas han sido parte de la alimentación del hombre desde los inicios de la humanidad. Las características nutritivas y organolépticas especiales, conjuntamente con sus características funcionales son responsables de la preferencia del consumo en fresco de los productos frutihortícolas (Mondito y Ferratto, 2006; Rodríguez y Generoso, 2012).

Desde el punto de vista nutricional las frutas y hortalizas son alimentos muy importantes en la dieta pues son una excelente fuente de agua, minerales, fibras y compuestos bioactivos tales como polifenoles, carotenoides, tocoferoles y ácido ascórbico, entre otros, los cuales poseen efectos benéficos en la salud humana. Por lo tanto, una apropiada alimentación debe incluir, según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2003) una cantidad mínima de 400 g de frutas y hortalizas por día y por persona (Rodríguez y Questa, 2013).

En los últimos años a nivel mundial, ha crecido notablemente, tanto en países desarrollados como en desarrollo, la demanda de frutas y hortalizas frescas y se ofrecen en el mercado internacional una amplia variedad de frutas y hortalizas de IV gama. Estos vegetales han crecido en oferta y popularidad, asociados no solo a los beneficios potenciales que tienen para la salud del hombre, sino que intentan satisfacer la demanda de productos listos para consumir.

El término IV gama o “mínimamente procesado” abarca una amplia gama de tecnologías y métodos para procesar alimentos de origen vegetal. Estos métodos de procesamiento mínimo modifican muy poco los atributos y características originales del producto fresco y le confieren una vida útil suficiente, que les permite ser transportados desde la planta procesadora hasta el consumidor, llegando a él en buenas condiciones (Martin-Belloso y Rojas Grau, 2005).

Los vegetales de IV gama también llamados mínimamente procesados (VMP), vegetales precortados, vegetales frescos cortados, vegetales listos para consumir o procesados frescos, son aquellos acondicionados para su consumo íntegro y directo, ya que han sido pelados, cortados, lavados, desinfectados y envasados recubiertos con películas plásticas y, tienen en general una vida media de hasta aproximadamente 6 días bajo refrigeración, variando según el producto de que se trate y las condiciones de preparación y almacenamiento.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE IV GAMA

La calidad de las hortalizas y frutas frescas cortadas determina su valor para el consumidor y es una combinación de parámetros que incluye apariencia, textura, sabor y valor nutricional (Kader, 2002). La importancia relativa de cada parámetro de calidad depende del producto y forma de consumo (fresco o cocido). Si bien, los consumidores juzgan su calidad en base a la apariencia y frescura al momento de la compra, las adquisiciones posteriores dependen de la satisfacción alcanzada en términos de textura y sabor, sin dejar de interesarse en su calidad nutricional y seguridad (Rico et al., 2007; Rodríguez y Questa, 2013).

En general, durante su preparación los productos son sometidos a operaciones físicas sencillas (lavado, cortado, deshojado, rallado, etc.) que dependen del tipo de vegetal. En la Figura 1 se muestra un esquema general utilizado en el procesamiento de vegetales de hoja en el que cada etapa cobra importancia desde el punto de vista de la calidad sensorial y nutricional.

Mientras la mayoría de las técnicas de procesamiento estabiliza y prolonga la vida útil de estos productos, esta forma de prepararlos los

transforma en más perecederos. La industria que prepara estos alimentos ha tomado conciencia de la importancia de la alta calidad requerida en la materia prima, ya que la preparación de los mismos los torna más perecederos. Por este motivo es necesario contar con materia prima que ofrezca seguridad higiénico-sanitaria, y provenga de vegetales seleccionados.

Los daños físicos al que son sometidos ocasionan efectos fisiológicos que aceleran la velocidad de deterioro y favorecen el desarrollo de microorganismos (Toivonen y De-Ell, 2002) por lo que, en general, se recomiendan aplicar tecnologías combinadas para su conservación. Así, los procedimientos más empleados son la

baja temperatura y las atmósferas modificadas (MA) o controladas (CA), que ocasionan una disminución en la velocidad de respiración de los vegetales (Day, 1993; Watada et al., 1996).

Con el uso de MA se altera la composición de la atmósfera que rodea al vegetal reduciendo la concentración de O₂ y aumentando la concentración de CO₂ lo que redundaría en una disminución de la intensidad respiratoria del producto, retardando su senescencia y, por lo tanto, prolongando su vida útil. La selección del film a utilizar debe ser adaptada cuidadosamente a los atributos de calidad del producto y es inherente a cada uno (Rodríguez y Questa, 2013).

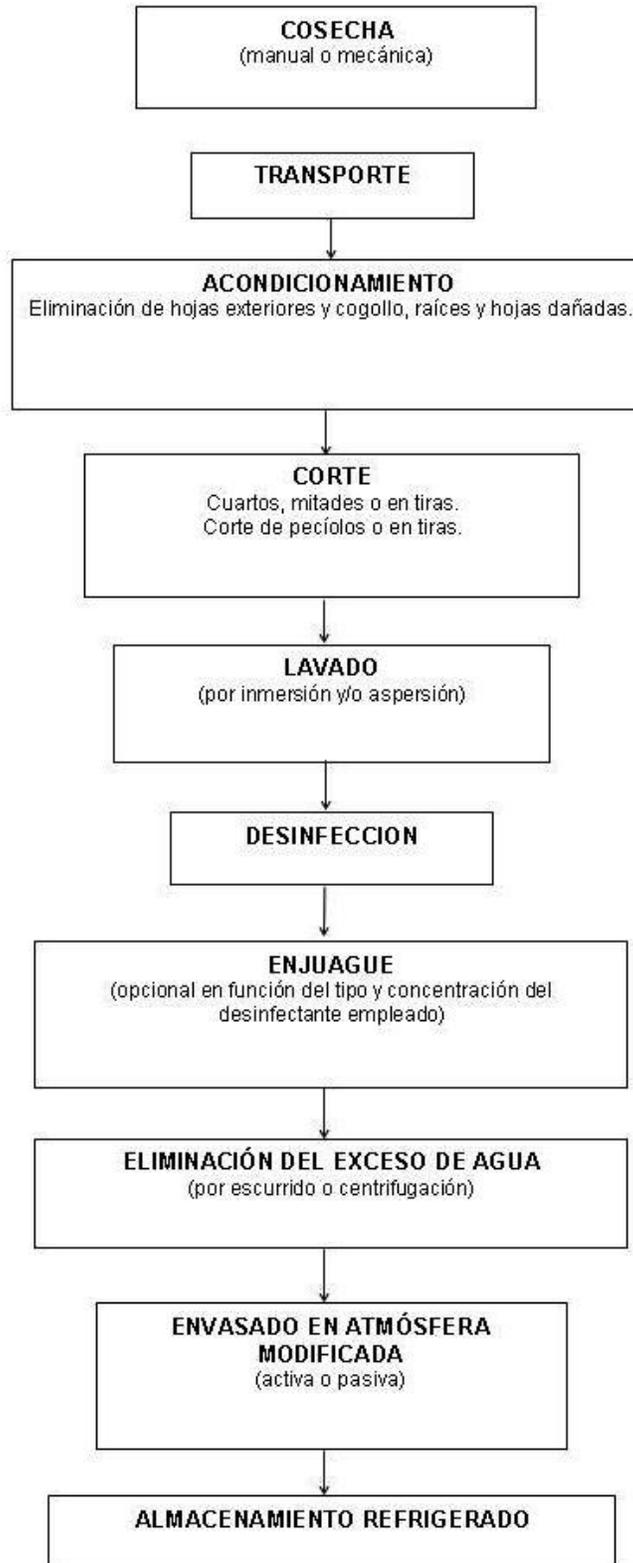


Figura 1. Esquema de procesamiento de vegetales de hojas (Extraído de Pirovani et al., 2009)

Cantwell y Suslow (2002) sugieren que para mantener la calidad y la vida útil de los productos mínimamente procesados, es necesario:

- utilizar procedimientos estrictos de sanitización y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM);
- minimizar daños mecánicos utilizando cuchillas afiladas;
- lavar y desinfectar las superficies cortadas;
- remover el exceso de agua;
- envasar con atmósferas adecuadas; y,
- controlar estrictamente la temperatura durante la preparación, almacenamiento, transporte y comercialización.

El crecimiento microbiano de estos alimentos es controlado principalmente por la buena sanitización y manejo de temperaturas. Es por ello que siempre se trabaja con agua clorada en su preparación, a fin de prevenir contaminaciones, y se debe controlar en forma continua los niveles de cloro activo para asegurar su calidad microbiológica.

Asimismo, es necesario también remover el exceso de agua (por centrifugación u otros métodos) ya que favorece el desarrollo microbiano. Además es necesario enfriar rápidamente el producto (Harris *et al.*, 2002). En general para la industria se recomienda que el lavado y desinfección de los productos se realice con agua fría, preferentemente a 4 °C, utilizando entre 5 y 10 litros de agua por kilogramo de material procesado.

Por otra parte, los cambios en las condiciones ambientales de la atmósfera que rodea al producto, pueden dar como resultado el cambio en la microflora presente. El rango de bacterias patógenas puede aumentar con el envasado o recubrimiento con films plásticos (aumenta la HR y disminuye la concentración de O₂), y con el incremento de la temperatura (mayor a 5 °C) (Harris, 2002).

PRINCIPALES PROBLEMAS ASOCIADOS A LA ELABORACIÓN DE VEGETALES DE IV GAMA

Muchos son los factores que influyen en la calidad de las frutas y hortalizas de la IV gama, entre ellos se pueden citar algunos tales como: cultivares y período de cosecha, temperatura y duración del almacenamiento y tipos de embalajes utilizados. Por lo tanto, la calidad de un producto será mejor, cuanto mejor sea la asociación de estos factores.

La calidad de los vegetales de IV gama depende de la calidad del vegetal intacto original y del mantenimiento de la misma durante la preparación y manejo posterior. Por lo tanto, la producción no debería verse como una manera de utilizar hortalizas de calidad inferior, sobremaduras o defectuosas que no pudieran comercializarse intactas (Kader y Mitcham, 1996). Los componentes o factores de calidad para hortalizas de hoja de IV gama, se presentan en la Tabla 1.

Además de los componentes de la calidad mencionados, existen otros atributos o defectos ocultos que afectan la valoración de la calidad global por parte del consumidor. Estos incluyen valor nutricional y/o nutracéutico e inocuidad (ausencia de patógenos u otros contaminantes y niveles aceptables o apropiados de componentes naturalmente presentes, como los nitratos, que pueden resultar tóxicos en cantidades superiores a las preestablecidas). Otros contaminantes, como los residuos de agroquímicos y metales pesados, también se deberían considerar, a fin de asegurar que se cumplan los niveles de tolerancia máximos establecidos.

Es sabido que los vegetales de IV gama son más perecederos que los productos de origen. Por ello, la comprensión de los procesos que ocasionan su deterioro después del procesamiento es esencial para desarrollar

tecnologías que permitan extender su vida útil y mantener su calidad durante el procesado y

distribución (Corbo *et. al.*, 2006).

Tabla 1. Componentes de la calidad de hortalizas de hojas frescas cortadas (adaptado de Pirovani et al., 2006).

Componente	Atributo o defecto	
Intrínseco	Relativo al producto	<i>Atributos:</i> Apariencia general, color. <i>Defectos:</i> amarronamiento, marchitamiento, podredumbres (tejidos blandos y acuosos, limosidad, presencia de mohos, tejidos deteriorados o con podredumbre blanda), olores extraños (incluyendo olor a cloro, a amoníaco, mohoso, agrio o ácido y fermentado).
Extrínseco	Relacionado con la presentación del envase	<i>Apariencia general de los envases:</i> tipo, tamaño y capacidad. <i>Disponibilidad de información para el consumidor:</i> ingredientes, marcas, procesador, peso, códigos de fechas, etc.
	Relacionado con el procesamiento	<i>Acondicionamiento y/o corte defectuosos:</i> trozos magullados o quebrados, presencia de tejidos no comestibles (trozos de troncos, raíces, etc.), trozos fuera de tamaño. <i>Limpieza y/o lavado defectuosos:</i> presencia de material extraño (plástico, vidrio, metal, madera, trozos de otro tipo de vegetales), tierra, arena y suciedad. <i>Eliminación defectuosa de agua:</i> exceso de agua en el interior de los envases, escurrido excesivo. <i>Envasado defectuoso:</i> rasgaduras, roturas o agujeros en el envase, producto en el lugar del sellado, bolsas hinchadas.

Los vegetales de IV gama son altamente perecederos y requieren de temperatura de refrigeración para asegurarse una vida útil razonable. Como resultado del corte, se remueve la protección natural, se exponen los tejidos internos a los microorganismos y enzimas endógenas, se incrementa la intensidad respiratoria y la producción de etileno.

La alta velocidad respiratoria indica un metabolismo más activo y generalmente una mayor velocidad de deterioro, se acelera la

senescencia, la pérdida de textura y el pardeamiento enzimático. Esto también implica una más rápida pérdida de ácidos, azúcares y otros componentes que determinan la calidad, tales como el flavor y el valor nutritivo (Harris et al., 2002).

Otra consecuencia del estrés de los productos frescos, por el procesamiento mínimo, es la inducción de la síntesis de productos secundarios, incluyendo una variedad de compuestos fenólicos.

Resumiendo la extensión de la vida útil de los productos de IV gama afronta dos problemas básicos:

- Primero, el tejido vegetal es un tejido vivo en el que interactúan muchas reacciones tales como: deshidratación, oxidación, elevada velocidad de respiración, producción de etileno, actividad enzimática, etc., algunas de las cuales, si no son controladas, pueden conducir a la rápida senescencia o al deterioro en la calidad. Estos factores que se acaban de mencionar contribuyen sustancialmente a la decoloración, pérdida de firmeza, desarrollo de olores y/o sabores indeseables, acidificación y desarrollo de microorganismos (Pashaa et. al., 2014).

- Segundo, la posibilidad de desarrollo microbiano es mayor debido a la mayor superficie expuesta, la presencia de jugos celulares, etc. por lo que la proliferación microbológica (tanto alterante como patógena) debe ser minimizada y retardada (Piagentini et al., 2003).

Como se ha mencionado y de acuerdo con Jacxsens et al. (2002), debe garantizarse la seguridad microbológica a fin de mantener una calidad sensorial y microbológica aceptable. En el caso de frutas y hortalizas, éstas pueden contaminarse de manera natural con polvo y tierra durante el proceso de cosecha, manejo y almacenamiento y con microorganismos patógenos durante las operaciones de lavado, riego o tratamientos superficiales con agua. Por ello, es necesario cumplir con las denominadas Buenas Prácticas Agrícolas durante el desarrollo del vegetal en el campo, combinadas con aceptables métodos higiénicos durante la recolección, procesamiento, envasado, transporte y distribución, que podrían englobarse en las llamadas Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (Piagentini et al., 1997).

En síntesis se puede decir que la extensión de la vida útil y la seguridad de productos comerciales pueden mejorarse significativamente mediante acciones estratégicamente coordinadas a lo largo de toda la línea de producción. Asimismo, es importante tener en cuenta que las características que definen un producto de IV gama de buena calidad son apariencia fresca, textura aceptable, buen sabor y olor, seguridad microbológica y vida útil suficientemente larga que permita su distribución. Si alguno de estos requisitos no se cumple, el producto pierde automáticamente su valor comercial (Martin-Belloso y Rojas Grau, 2005).

TENDENCIAS MUNDIALES DE LA COMERCIALIZACIÓN DE VEGETALES DE IV GAMA

Los hábitos de alimentación del consumidor actual han cambiado durante la última década: el ritmo de vida, en el que hay poco tiempo para la preparación de una comida adecuada, ha hecho surgir un nuevo tipo de demanda de productos frescos, saludables y listos para consumir (Tomas-Callejas et. al., 2010).

Según Alonso y Chiesa (2009), a nivel mundial, la industria de los productos mínimamente procesados mantiene un crecimiento vertiginoso desde sus comienzos a principios de la década del 90.

En Estados Unidos de Norteamérica, los productos de IV gama representan el 16% de las ventas de frutas y hortalizas. Las ventas en 2005 superaron los 12.000 millones de dólares, lo que implica un aumento superior al 25% respecto de 2003 (Nicola et. al., 2006).

En Europa, en el 2005 el Reino Unido encabezó las ventas de estos productos con 120.000 t, las mismas representaron 700 millones de euros,

seguido de Francia con 77.000 t, Italia con 42.000 t y España con 20.000 toneladas. En Italia, según un relevamiento reciente, el 40% de los consumidores incluyen productos de IV gama en su dieta. Por otra parte, en España el crecimiento en la comercialización de estos alimentos es de aproximadamente 20% por año (Bernardelli; 2005).

En el año 2005 en los Estados Unidos, en el canal minorista las frutas y hortalizas de IV gama significaban 6.000 millones de dólares. En el canal Ho-Re-Ca (Hotelería/Restaurant/Catering) y los foods service, significaban 9.600 millones de dólares. Es un mercado que lleva en los últimos 15 años, creciendo por encima de los dos dígitos.

El aumento observado en los últimos años en el consumo de estos productos viene asociado a un cambio en los productos consumidos, con preferencia de productos novedosos y frescos. El dinamismo de este mercado se ha favorecido por la introducción de una amplia gama de productos en supermercados, entre los que se incluyen:

- Nuevas variedades
- Productos exóticos
- Orgánicos
- Hidropónicos
- Producidos en invernadero
- Recortados
- Incremento en el uso de frutas y verduras frescas en los menús de cadenas de comidas rápidas.

Los hábitos de compra en tiendas de países diferentes son distintos y también en la manera de prepararlos. También hay diferencias entre EE.UU. y Europa en la capacidad adquisitiva en los supermercados y en los tipos de productos.

En Japón, el mercado de los productos de IV gama creció a una tasa del 6% anual durante la década del '90, y en 1999 la venta de estos

productos representó 50.000 millones de yenes. En 2001, la distribución de las ventas de los productos de IV gama fue: 31% mercado institucional HoReCa, 23% supermercados, 21% en tiendas de conveniencia o de venta al paso (del resto del volumen comercializado no se conoce el destino final), con un total de materia prima destinada a esta industria de 92.672 t, siendo los productos principales repollo, cebolla, zanahoria, lechuga, rábano japonés, papa, repollo chino, pepino, pimiento dulce y zucchini (Shiina y Hasegawa, 2007).

En 2005 el mercado de Japón alcanzó 2.500 millones de dólares y Corea 1.100 millones de dólares; en este último país las ventas crecen a una tasa del 10% anual desde el año 2000. En ambos países, el principal canal de destino sigue siendo el HoReCa, pero recientemente se advierte un fuerte crecimiento en supermercados, donde los productos más consumidos son hortalizas para cocinar, seguidos por las ensaladas.

En Corea, las ensaladas en base a lechuga capuchina y repollo representan 48% del total de productos de IV gama consumidos, seguidas por la cebolla y luego la papa y el ajo.

El mercado de las frutas precortadas en Japón y Corea representa el 11 y 5% del mercado total de productos de IV gama, respectivamente; los frutos más utilizados son sandía, piña y melón (Kim, 2007).

En Corea, el mercado interno en general está creciendo con las tasas más altas de Asia y el consumo por parte de la población se encuentra en franca expansión.

Las hortalizas de IV gama no son ajenas a dicho fenómeno, pero se detectó que una fuerte barrera para el futuro crecimiento del negocio es la percepción de seguridad alimentaria por parte del consumidor. Los productos no se

consolidarán en la preferencia de la población si no se asegura la inocuidad de los mismos (Kim, 2007; Alonso y Chiesa, 2009).

A pesar de las fuertes exigencias y su bajo consumo aún, no cabe duda que ésta sea una de las dos grandes tendencias en el consumo de productos frescos a nivel mundial, junto con el consumo de productos orgánicos, contando ambos con proyecciones de crecimiento muy atractivas hacia el futuro. Desde este punto de vista, es interesante explorar las oportunidades existentes en este ámbito.

En América del Sur la corta vida de postcosecha de los productos de IV gama limita sus posibilidades de exportación sólo a los países vecinos, tal como es el caso del Mercosur (Argentina, Brasil, Chile, Uruguay y Paraguay). En estos países se observa una amplia oferta de productos similares, también precortados y envasados con películas plásticas.

En Brasil, en los últimos años la industria de la IV gama ha crecido notablemente y existen por lo menos siete empresas participando en el mercado nacional y han logrado una interesante demanda, aún restringida a los segmentos de altos ingresos. El mercado se encuentra principalmente en ciudades como Sao Paulo, Río de Janeiro y los Estados del sur, donde existe un fuerte interés en el mercado institucional, que aún no está bien abastecido, pues la mayor parte de las empresas se han concentrado en la venta en supermercados (Alonso y Chiesa, 2009).

TENDENCIAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CONSUMIDOR

Actualmente, el consumo de frutas y hortalizas se ve favorecido por la información médica y nutricional disponible para el consumidor, puesto que todos los regímenes alimenticios recomiendan el consumo de frutas y hortalizas
Simiente 85(1-2):1-12

frescas. Las frutas y hortalizas son consideradas alimentos críticos a la hora de promover salud (Steinmetz y Potter, 1996; Schroder et. al., 2002; Sgroppo, 2006). De acuerdo con Sjoströmm et al. (2005), la relación consumo/disponibilidad de frutas y hortalizas, excluyendo papas y jugos de fruta, debe ser considerada como indicador de la salud pública para monitorear la nutrición de la población.

Los vegetales de IV gama surgen como una alternativa para el consumo de vegetales en sectores de la población que reúnen determinadas características. En general, se trata de personas cuya disponibilidad de tiempo para dedicarle a la preparación de las comidas es escasa, son consumidores con alto nivel de actividad y poder adquisitivo medio/alto, quienes probablemente hayan adquirido nuevos valores culturales, o cuya estructura familiar se haya visto reducida a lo largo del tiempo.

Históricamente las amas de casa, las realidades socioeconómicas, los factores culturales, la tradición y costumbres, las normas de convivencia, los grupos familiares, etc., condicionaron en gran medida las tareas en el hogar y las actividades familiares.

Alonso y Chiesa (2009) también afirman que como resultado de la evolución socioeconómica, la madurez del mercado y de los consumidores, el ocio, los nuevos valores de vida, los cambios en las estructuras familiares, el cambio en los aportantes al grupo familiar, los nuevos valores culturales (nutrición, cultura gourmet), la seguridad en aspectos sanitarios de los alimentos, han provocado importantes cambios en la forma de utilizar los alimentos y en las preferencias del consumidor.

Es por ello que, de las labores que normalmente están asociadas a la preparación de los vegetales en la cocina hogareña, se va cambiando a otras modalidades que están relacionadas con los

gustos, actitudes, opiniones, el bienestar y diferentes comportamientos que condicionan el consumo de los productos. Los consumidores requieren de este tipo de productos, en razón de su inocuidad, de asegurarse una calidad uniforme y escasas pérdidas o residuos, su fácil almacenamiento y su disponibilidad de uso directo (listos para usar), lo que representa el beneficio adicional de la comodidad. Para este tipo de consumidores la relación alimento/servicio tiene gran importancia en el momento de decidir la compra en los supermercados, hipermercados o verdulerías para el consumo directo.

Sintetizando y como lo han mencionado Pashaa *et. al.* (2014), los consumidores durante la última centuria han modificado sus estilos de vida y sus hábitos en la dieta. Se interesan no solo por la disponibilidad de las frutas y hortalizas, entre las que se pueden incluir las de IV gama, sino también exigen calidad similar al producto intacto. Eso conlleva la necesidad de que los procesadores de este tipo de alimentos continuamente evalúen distintas tecnologías nuevas y tradicionales que permitan retener las cualidades propias de cada vegetal.

LITERATURA CITADA

ALONSO, G.; CHIESA, A. 2009. Hortalizas mínimamente procesadas en los supermercados de Buenos Aires. *Rev. FCA UNCuyo*. Tomo XLI. N° 2. Año 2009. 45-57.

BERNARDELLI, M. 2005. La crisis? Non coinvolge la IV gamma. *Terra e Vita* 8: 8-10.

CANTWELL, M.; SUSLOW, T.V. 2002. Sistemas de Manejo Postcosecha: Frutas y Hortalizas Precortadas (Mínimamente Procesadas). In: *Postharvest Technology of horticultural crops*. Third Edition. University of California.

Publication 3311. Cap. 36. Ed. Adel Kader. U&C Davis.

CORBO, M. R.; DEL NOBILE, M. A.; SINIGAGLIA, M. 2006. A novel approach for calculating shelf life of minimally processed vegetables *International Journal of Food Microbiology*, 106: 69 – 73.

DAY, B. P. F. 1993. Fruit and vegetables. En: *Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods*. Parry, R.T. (Ed.). Blackie Academic & Professional, Londres, Inglaterra.

HARRIS, L.; ZAGORY, J.; GORNI, J. 2002. Safety Factors. Cap. 24, 301-309.

JACXSENS, L.; F. DEVLIEGHIERE, J. DEBEVERE. 2002. Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce, *Postharvest Biology and Technology* 26, 59–73.

KADER, A. 2002. *Postharvest Technology of horticultural crops*. Third Edition. University of California. Publication 3311. Cap. 4.

KADER, A.A.; MITCHAM, B. 1996. Standardization of Quality. En: *Fresh-cut products: maintaining quality and safety*, *Postharvest Horticulture Series N° 10*. Davis, CA: Postharvest Outreach Program, Department of Pomology, University of California, pp. 5.1-5.3.

KIM, J. G. 2007. Fresh-cut market potencial and challenges in far-east Asia. 2007. *Acta Horticulturae*, 746: 33:38.

MARTIN-BELLOSO, M.; ROJAS-GRAU, M. A. 2005. Factores que afectan la calidad. En: *nuevas tecnologías de conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. Gonzales Aguilar

G., Gardea A.; Cuamea-Navarro F. (Eds). Mexico. pp. 78-93.

MONDITO, M. C.; FERRATTO, J. 2006. El análisis sensorial, una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor. Revista Agromensajes. Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNR – ISSN 1669-8584 N°18 04/2006.

NICOLA, S.; FONTANA, E.; TORASSA, C.; HOEBERRECHTS, J. 2006. Fresh-cut produce: postharvest critical issues. Acta Horticulturae, 712: 223-229.

PASHAA, I.; SAEEDB, F.; SULTANC, M. T.; KHANA, M.; ROHIA, M. 2014. Recent Developments in Minimal Processing: A Tool to Retain Nutritional Quality of Food. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54 (3): 340-351.

PIAGENTINI, A. M.; D. R. GÜEMES, M. E. PIROVANI. 2003. Mesophilic aerobic population of fresh-cut spinach as affected by chemical treatment and type of packaging film. Journal of Food Science, 68 (2): 602-607.

PIAGENTINI, A. M.; PIROVANI, M.E.; GÜEMES, D.R.; DI PENTIMA, J.H.; TESSI, M.A. 1997. Survival and growth of *Salmonella hadar* on minimally processed cabbage as influenced by storage abuse conditions. Journal of Food Science, 62 (3); 616-618.

PIROVANI, M. E.; PIAGENTINI, A.M.; GUEMES, D. R.; RODRIGUEZ, S. DEL C.; QUESTA, A. G.; CASOLIBA, R. M. 2009. Calidad nutricional y sensorial de vegetales frescos cortados. En el libro: Calidad Sensorial y Nutricional de Vegetales de Hojas Frescos Cortados. Cap. 3. Pag. 64-98.

RICO, D., MARTÍN-DIANA, A.B.; BARAT, J.M. Y BARRY-RYAN, C. 2007. Extending and measuring the quality of fresh cut fruit and vegetables: a review. Trends in Food Science & Technology, 18: 373-386.

RODRIGUEZ S. DEL C; GENEROSO, S. M. 2012. Evaluating sensorial quality of minimally processed fruits and vegetables. En: Recent contributions to sensory analysis of foods. Cap. 5. Pp. 67-84. Editor: Amalia M. Calviño. Published by Research Signpost. Kerala. India

RODRIGUEZ, SILVIA DEL C.; QUESTA, ANA. G. 2013. Alternativas de procesamiento mínimo para vegetales producidos en la provincia de Santiago del Estero. En: Hacia la construcción del desarrollo agropecuario y agroindustrial. Desde la FAyA al NOA. Editores: Albanesi, Paz, Sobrero, Helman y Rodríguez.

SCHRODER, H.; SCHMELS, E.; MARRUGAT, J. 2002. Relationship between diet and blood pressure in a Mediterranean population. European Journal of Nutrition, 41: 161-167.

SGROPPO, S. 2006. El mercado de los vegetales frescos cortados en Argentina. I Simposio Iberoamericano de Vegetais Frescos Cortados. Universidade de Sao Paulo. Sao Pedro, Brasil.

SHIINA, T.; HASEGAWA, Y. 2007. Trends of fresh-cut in Japan. Acta Horticulturae, 746: 39:43.

SJOSTRÖMM, M.; POORTVLIET, E.; NELSON, M. 2005. Monitoring public health nutrition in Europe: nutritional indicators and determinants of health status. J. Public Health 13: 74-83.

STEINMETZ, K. A.; POTTER, J. D. 1996. Vegetables, fruit and cancer prevention: a review. Journal of the American Dietetic Association, 96: 1027-1039.

TOMÁS-CALLEJAS, A.; MARTINEZ-HERNANDEZ, G. B.; SPOOREN, R.; ARTES, F.; ARTÉS-HERNANDEZ, F. 2010. La desinfección con agua electrolizada preserva la calidad microbiológica, nutritiva y sensorial de brotes de mizuna mínimamente procesada en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11 (2): 204-213.

TOIVONEN, P. M. A., DE-ELL, J. R. 2002. Physiology of fresh-cut fruits and vegetables. En: *Fresh-cut fruits and vegetables*. Science,

Technology and Market. O. Lamikanra (Ed.), CRC Press. Boca Raton, FL. EE.UU.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology*, 9: 115-125.

WHO. 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. World Health Organization, ISSN 0512-3054; 916. Technical. Report Series p.149. Geneva: World Health Organization.

FACTORES PRECOSECHA QUE AFECTAN LA CALIDAD NUTRICIONAL Y SENSORIAL DE LOS PRODUCTOS DE IV Y V GAMA

Preharvest factors affecting sensory and nutritional quality of IV and V range products

Encarna Aguayo^{1,2}, Francisco Artés-Hernández^{1,2} y Perla Gómez²

¹Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Departamento de Ingeniería de Alimentos. Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena (Murcia), España. Tel.: +34 968 325750.

E-mail: encarna.aguayo@upct.es

²Instituto de Biotecnología Vegetal. Unidad de Calidad Alimentaria y Salud. Universidad Politécnica de Cartagena. Campus Muralla del Mar. 30202 Cartagena (Murcia), España.

RESUMEN

Los factores precosecha que influyen en la calidad de los productos hortofrutícolas y, por tanto, cuando éstos son presentados en formatos de IV y V gama, son muy diversos y están interrelacionados entre sí. El primero es la propia planta (especie y variedad genética) y su fisiología y, a partir de ahí, elementos externos como los ambientales y agronómicos determinan en gran medida la vida útil del producto. El segundo factor es el ambiente de crecimiento, que comprende la temperatura, luz (calidad e intensidad), humedad relativa, precipitaciones, viento, naturaleza del suelo, etc. El tercero incluye los factores agronómicos o prácticas culturales, como el abonado, riego, poda, tratamientos fitosanitarios, etc. Una nutrición vegetal adecuada y equilibrada es esencial para el desarrollo de la planta y, consecuentemente, para la calidad del producto cosechado. Los que han despertado un mayor interés han sido el nitrógeno y calcio. El cuarto factor es el estado de madurez en la recolección y la actividad metabólica del producto. En el caso de los frutos, el estado de madurez en la recolección tiene un papel esencial en la composición química y, consecuentemente, en los atributos de calidad. Una recolección temprana permite que, una vez procesado, el fruto mantenga la textura durante un periodo de tiempo más prolongado.

Recientemente, las técnicas de biología molecular son una alternativa, complementaria a

la genética clásica, para mejorar los atributos de calidad y prolongar la vida comercial.

Palabras clave: precosecha, genotipo, ambiente, abonado, madurez.

ABSTRACT

Preharvest factors affecting quality of fourth (fresh cut) and fifth range products are diverse and interconnected. The first factors affecting quality are the plant itself (species and variety) as well as its physiology. Then, external elements such as environmental and agronomic factors largely determine product shelf life. In that way, the second factor to consider is the environment where the plant is growing, which includes temperature, light (quality and intensity), relative humidity, rainfall, wind, soil type, etc. The third factor includes agronomic and cultural practices like fertilization, irrigation, pruning, agrochemical treatments, etc. Proper and balanced plant nutrition is essential for plant growth and, consequently, for produce quality at harvest, being nitrogen and calcium the most important nutrients. The fourth factor to be considered is maturity stage at harvest and

metabolic activity of the product. In the case of fruits, degree of maturity has a high influence on chemical composition and, consequently, on produce quality. Early harvesting allows maintaining texture by a longer period. Recently, molecular biology techniques can be seen as an alternative, complementary to classical genetics, to improve quality attributes thus prolonging shelf life.

Keywords: preharvest, genotype, ambient, fertilization, maturity.

INTRODUCCIÓN

Los hábitos alimentarios de la población han cambiado marcadamente a lo largo del siglo XX. Mientras que en las primeras décadas la comida era una mera fuente de energía, hoy en día también constituye un fenómeno sensorial, cultural y social. No sólo se espera satisfacción al comer, sino que contribuya a mejorar nuestra salud y bienestar. Además, se dispone de escaso tiempo libre para preparar alimentos. Por todo ello, surge así una nueva gama de productos compuesta por hortalizas y, en menor medida, frutas e incluso germinados, frescos, limpios, troceados (partidos, cortados, rallados etc.), desinfectados y envasados (productos de IV gama) (Artés, 2001). Si adicionalmente estos productos reciben un tratamiento térmico suave, se los denomina productos de V gama. En ambos casos, estos alimentos están listos para su consumo directo, si bien algunos productos de V gama requieren de un calentamiento previo, en microondas u horno convencional.

El logro de productos hortofrutícolas de IV y V gama de alta calidad depende del funcionamiento del determinismo genético de una variedad en un medio externo concreto. Es así que los factores precosecha tienen una marcada incidencia en la calidad final del producto. Estos factores interactúan en formas complejas que dependen de las características

del cultivar específico así como de la sensibilidad de la etapa de desarrollo o crecimiento en la que se encuentre la planta y el producto que de ella se obtiene. La máxima calidad sólo puede conseguirse con el adecuado entendimiento y manejo de los diferentes papeles que los factores precosecha desempeñan en la calidad a la cosecha. De manera general, se enumerarán en este Capítulo cuáles son esos factores y cómo pueden influir.

FACTORES PRECOSECHA

1.1. Genotipo

El genotipo tiene un efecto muy importante en la calidad sensorial y composición nutricional de las frutas y hortalizas de IV y V gama, además influye en su rendimiento, vida útil, resistencia a enfermedades, daños por insectos y fisiopatías. Por ejemplo, existen numerosos cultivares de tomate que difieren entre sí en cuanto a tamaño, forma, contenido de azúcar, acidez, materia seca, resistencia a plagas y enfermedades, susceptibilidad al daño durante la manipulación y tasa de maduración, tanto en la planta como una vez cosechados (Hewett, 2006).

Los programas de mejoramiento genético están creando constantemente nuevas variedades con mejores características de adaptación a las diferentes condiciones ambientales y resistencia a plagas del cultivo. En los últimos años, los parámetros sensoriales como sabor y aroma han adquirido especial importancia. Por ejemplo, en variedades de fruta de hueso, los consumidores prefieren aquellas que son menos ácidas, incluso en estados de madurez más tempranos (Iglesias y Echevarría, 2009). La relación azúcar/ácido de las variedades no ácidas es de 2 a 3 veces mayor que las ácidas. Estas variedades ácidas sufren un rápido ablandamiento, lo que les hace menos aptas para su procesado en fresco.

En los productos de IV gama, las principales manifestaciones fisiológicas resultantes del

procesado incluyen aumentos en la tasa respiratoria y en la producción de etileno (C₂H₄), así como la degradación de la membrana celular. Esto conduce a la pérdida de compartimentación, poniendo en contacto enzimas y sustratos, desencadenando el pardeamiento enzimático (Watada y Qi, 1999). Si bien todos los procesos mencionados son importantes, los factores limitantes de la vida en estante son la respiración y el ablandamiento, tal como fuera observado por diferentes autores en rodajas de melón (Aguayo *et al.*, 2008), kiwi (Varoquaux *et al.*, 1990), fresa (Rosen y Kader, 1989), etc.

La susceptibilidad al pardeamiento enzimático, y por tanto la reducción en la calidad sensorial del producto procesado, está influenciada por la variedad. Cantos *et al.* (2002) clasificaron esta susceptibilidad en diferentes variedades de patata siendo *Monalisa* la que sufría mayor pardeamiento, seguida de *Spunta*, *Liseta*, *Cara* y *Agria*. En alcachofa, la elección de la variedad es una decisión crítica para obtener un producto de IV o V gama con una adecuada apariencia. Cabezas-Serrano *et al.* (2009), estudiaron diferentes variedades de alcachofa italiana, señalando a la variedad *Catanese* por su elevado contenido en vitamina C, reducido contenido fenólico y la mejor aptitud para su procesado, por su menor sensibilidad al pardeamiento. Igualmente, en pera, Arias *et al.* (2008) seleccionaron a la variedad *Conference* frente a *Williams* y *Passacrassana*, como una de las más adecuadas para su presentación como producto de IV gama.

En este sentido, las casas de semillas han centrado sus investigaciones en cultivares y variedades específicas para la IV y V gama, prologando la vida comercial del producto, así como su consistencia, textura y mínima pérdida de agua. Por ejemplo, la empresa Rijk Zwaan ha presentado semillas de melón de carne naranja específico para la IV gama, englobados todos ellos bajo la marca *Caribbean*, caracterizados por

su buena consistencia, menor pérdida de agua y un mayor calibre. Esta misma empresa comercializa una línea de lechugas *Salanova* ('Multi Leaf'), con un mayor número de hojas que las convencionales, pero de menor tamaño, lo que reduce por tanto el número de cortes durante el procesado. En el caso del tomate, se han desarrollado diversas variedades, como el *Intense*TM de la empresa Nunhems, para su uso en rodajas, con pulpa compacta que no pierde el jugo y mantiene su forma. En este campo, Silveira *et al.* (2013) estudiaron la aptitud para procesado en fresco de diferentes variedades de melones procedentes de cultivares de distinta vida útil (larga, media y corta). Estos investigadores observaron que un melón de "vida larga" como *Solarking*, presentaba una reducida respiración y emisión de etileno, acompañado de un tejido firme pero con bajos niveles de azúcares (glucosa y fructosa) y vitamina C. En contraposición, un melón de 'vida corta' como Galápagos, presentaba una actividad metabólica alta y gran susceptibilidad al crecimiento microbiano, pero su elevado contenido en azúcar y vitamina C, acompañado de un agradable aroma y sabor, lo definían como más adecuado para su procesado en fresco.

No menos importante, es la calidad nutricional del producto definida por el contenido en vitaminas, compuestos fenólicos, pigmentos, aminoácidos, etc. Así, por ejemplo, el contenido en licopeno (Perkins-Veazie *et al.* 2001) y L-citrullina (Tarazona *et al.*, 2011) de sandías cambia notablemente según la variedad, el de vitamina C en melón (Silveira *et al.*, 2013), el de actividad antioxidante en patata (Tudela *et al.*, 2002), glucosinatos en brócoli (Martínez-Hernández *et al.*, 2013), etc. Existe una necesidad de identificar y desarrollar cultivares adecuados para el procesamiento con alto contenido vitamínico antioxidante así como de otros compuestos de interés con propiedades bioactivas.

Recientemente, las técnicas de biología molecular se han convertido en una alternativa, complementaria a la genética clásica, para mejorar los atributos de calidad y prolongar la vida de poscosecha. El desarrollo de algunas líneas ha permitido, en frutos como melón y tomate, el control hormonal de procesos fisiológicos y bioquímicos que tienen lugar durante la maduración y que determinan varios atributos de calidad (Romojaro et al., 2007), por ejemplo, la poligalacturonasa y su papel en el ablandamiento. En la de 1990 aparecieron en el mercado los tomates denominados de “larga vida” conteniendo en muchos casos el gen antisentido de la poligalacturonasa o bien se trataba de cultivares que poseían una respuesta diferente al etileno. Estos cultivares se caracterizan por tener incorporada una mutación que ocurre naturalmente. Se han estudiado varias de estas mutaciones debidas a un solo gen, incluyendo la Nr (*never ripe*), nor (*non ripening*) y rin (*ripening inhibitor*). Los cultivares comerciales derivados de tal material poseen una vida en estante muy larga, la cual está a su vez asociada a, y caracterizada por una menor calidad de los frutos. Existe un potencial real de combinar esa larga vida postcosecha con atributos de mejor calidad, usando la ingeniería genética. Sin embargo, la comercialización de tales productos debe esperar hasta que la sociedad esté preparada para aceptarlos (Hewett, 2006).

2.2. Aspectos ambientales

Aunque en el cultivo en campo la mayoría de los factores ambientales son difícilmente modulables, se ha comprobado que tienen una gran influencia en la calidad y valor nutricional de numerosos productos, tanto por efecto de la intensidad y calidad de la luz que reciben, como por las temperaturas a los que están expuestos.

2.2.1. Luz y temperatura

La luz es un parámetro necesario para un desarrollo adecuado de la fruta y puede mejorar la firmeza, pero una cantidad lumínica por

encima de los niveles de saturación fotosintética, especialmente la exposición intensa, puede aumentar la temperatura de la fruta causándole quemaduras y contribuyendo a su ablandamiento (Sams, 1999). La cantidad y calidad de la luz solar durante el desarrollo también afecta el sabor y la composición de frutas y hortalizas. La aplicación de sistemas de poda eficientes, un factor agronómico que puede controlarse, permite la penetración de la luz solar a las áreas centrales y bajas de la copa de los árboles, reduciendo el número de frutas sombreadas y obteniendo, por ejemplo en el caso de las uvas, bayas con un alto contenido de sólidos solubles totales (SST), aroma, antocianinas y fenoles solubles totales. Por el contrario, se reduce la acidez titulable y el contenido de potasio (Prange y DeEll, 1997). Igualmente, la poda de verano y la eliminación de hojas alrededor de las frutas aumentan la exposición a la luz y, cuando se realiza apropiadamente, puede incrementar el color de la fruta. Sin embargo, en melocotoneros y nectarinos, la excesiva eliminación de hojas o quitarlas muy cerca del periodo de cosecha, puede reducir tanto el tamaño como el contenido de SST (Crisosto et al., 1997).

En manzanas, se ha observado un efecto de la posición del dosel en la producción de éster de acetato, frutas con una orientación occidental o sur presentaron mayores concentraciones en comparación con las manzanas con orientación norte o del este. Desde el punto de vista nutricional, cuanto menor sea la intensidad luminosa durante el crecimiento, menor será el contenido en vitamina C de los tejidos vegetales (Harris, 1975). Por último, indicar que en las hortalizas de hoja verde, cultivadas en bajos regímenes de luz, se puede generar la acumulación de nitratos en los tejidos vegetales a niveles no saludables.

La temperatura tiene una influencia directa sobre el metabolismo y, por lo tanto, afecta indirectamente a la estructura celular y a otros

componentes que determinan la firmeza. Existe una correlación entre la temperatura a la que está expuesta la fruta en el árbol y la firmeza. La firmeza de las manzanas, fresas y peras es mayor a temperaturas más bajas. Esto probablemente es cierto para la mayoría de las frutas y hortalizas no sensibles al frío, porque la densidad del tejido sería mayor a temperaturas más bajas. La temperatura también influye en la composición de los tejidos de la planta durante el crecimiento y el desarrollo. El calor total disponible y la diferencia entre temperaturas son los factores más importantes para determinar la tasa de crecimiento y la composición química de los cultivos hortícolas. Es bien conocido que los cítricos contienen más vitamina C cuando se cultivan bajo temperaturas frescas (20-22 °C en el día, 11-13 °C por la noche) que a altas temperaturas (30-35 °C en el día, 20-25 °C por la noche) (Nagy, 1980).

2.2.2. Humedad y deshidratación

La pérdida de agua por transpiración es un factor que incide negativamente sobre la calidad. Consiste en la transferencia de vapor de agua desde los tejidos al medio circundante. Las células vegetales se hallan en equilibrio con la atmósfera cuando están a la misma temperatura y a una alta humedad relativa (99-99,5%). Cualquier disminución de la presión de vapor por debajo de estos niveles determina la pérdida de agua, la cual se manifiesta mediante marchitamiento, afectando el peso, la apariencia y la textura, provocando menor succulencia y firmeza. El contenido de agua de las plantas tiene una influencia directa en la turgencia de la célula y el grado de hidratación celular influye en las variaciones de textura de la planta. Esto es particularmente importante en la textura de las hortalizas de hoja verde. Pequeñas variaciones en el contenido de agua puede provocar cambios indeseables en la textura. Una pérdida de agua del 3% en espinacas y de un 5% en manzanas tiene como resultado un producto no comercializable debido al deterioro de la textura (Sams, 1999). Además, cuanto mayor es la

deshidratación, el producto es más proclive al daño y el ataque de patógenos.

Por otra parte, quitar parte del follaje de la planta, por ejemplo en tomate, permite una mayor circulación de aire, minimizando el exceso de humedad alrededor de los frutos, minimizando así el desarrollo de enfermedades (Silva, 2008).

2.3. Aspectos agronómicos

2.3.1. Nutrición mineral

El estado nutricional es un factor importante que determina la calidad y la vida postcosecha, tanto en productos enteros como en los procesados de IV y V gama. Es bien sabido que las deficiencias, excesos o desequilibrios nutricionales pueden generar alteraciones fisiológicas. Los periodos de aplicación de fertilizantes varían ampliamente con el tipo de fruta u hortaliza y dependen del tipo de suelo, historia de la parcela y de los resultados del análisis del suelo que ayudan para determinar los requerimientos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). En general, la fertilización o fertirrigación para frutas y hortalizas se han establecido principalmente para propósitos de productividad, no como diagnósticos para una buena calidad sensorial y nutricional. Aunque se ha estudiado la incidencia de numerosos macro y microelementos sobre la calidad, los que han despertado un mayor interés han sido el nitrógeno y el calcio, al participar de forma activa en numerosos procesos metabólicos.

El **nitrógeno** es un componente clave de las proteínas y juega un rol fundamental en el crecimiento y desarrollo de la planta. La deficiencia de nitrógeno produce fruta pequeña con sabor pobre y árboles con bajo rendimiento. También puede disminuir la concentración de proteínas, afectando la composición nutricional del vegetal. Sin embargo, niveles altos de nitrógeno estimulan un vigoroso crecimiento vegetativo pero provocan el sombreado, retardan la madurez e inducen un pobre

desarrollo en la síntesis de pigmentos como carotenos y antocianos, siendo el contenido de clorofila más alto. Los niveles excesivos de nitrógeno afectan a la textura del producto cosechado, obteniendo, por lo general, tejidos más blandos. Además se incrementa la incidencia de varias fisiopatías que disminuyen su calidad postcosecha. Así por ejemplo, la pared grisácea o el oscurecimiento interno en el tomate, el tallo hueco del brócoli y el corazón hueco en coliflor se han asociado con altos niveles de nitrógeno. El N puede impactar negativamente en la calidad del producto cosechado induciendo cambios en su composición tales como la reducción en la vitamina C, menor contenido de azúcar, reducida acidez y proporciones alteradas de aminoácidos esenciales. Lisiewska y Kmiecik (1996) observaron que incrementando la dosis de fertilizante nitrogenado de 80 a 120 kg N ha⁻¹ disminuía en un 7% el contenido de vitamina C de la coliflor. Asimismo, la concentración elevada de nitrógeno puede reducir la producción de compuestos que influyen en el sabor característico del apio (Madrid et al., 2008).

El **calcio** es el nutriente que más se asocia con la calidad de la fruta en general, y de firmeza en particular. Este mineral está involucrado en numerosos procesos bioquímicos y morfológicos de las plantas y se ha visto implicado en muchas fisiopatías de considerable importancia económica para la producción y calidad postcosecha de frutas y hortalizas (*bitter pit* en manzana, *corkspot* en pera, *corazón negro* en el apio, *agrietado* en zanahoria, *punta quemada* de la lechuga, etc.). Estas fisiopatías, debidas a deficiencias en calcio, reducen la calidad y el rendimiento del producto procesado. El retraso de la senescencia a menudo depende del estado del calcio en el tejido y, al aumentar el nivel, varios parámetros de senescencia como respiración (Poovaiah, 1986), proteínas, contenido clorofílico y fluidez de la membrana se alteran. El retraso en el proceso de senescencia según Picchioni et al. (1998) se debe a la

capacidad de este catión por retardar el catabolismo de la membrana lipídica, ya que al aplicar infiltraciones cálcicas observaron un aumento en la concentración de fosfolípidos totales y esteroides libres y conjugados. La influencia del calcio para mejorar la firmeza se atribuye a su capacidad para servir como vínculo de unión a sustancias pécticas en la pared celular y laminilla media, formándose pectato cálcico que imparte firmeza al tejido y, por tanto, previene el ablandamiento (Conway et al., 1994). No sólo, contribuye a la firmeza al estabilizar la membrana celular con sus iones y/o por reducción de la permeabilidad de la membrana, sino también por la disminución en la pérdida de agua y el consecuente aumento en la turgencia celular (Picchioni et al., 1998).

La aplicación del calcio puede realizarse en precosecha con abonados cálcicos o pulverizaciones foliares o, una vez recolectada la fruta, mediante infiltraciones a vacío, aplicación de pulverizaciones o baños cálcicos. Serrano *et al.* (2002) comprobaron que la nutrición cálcica (4 frente a 1,33 mmol L⁻¹ de Ca⁺²) tuvo un importante efecto en la firmeza e inhibición de *translucencia* en melón *Cantaloupe*. Sin embargo, abonados de fondo enriquecidos en este catión no aumentaron los niveles cálcicos en el tejido de sandía (Scott et al., 1993). Siddiqui y Bangerth (1995) pulverizaron manzanos con CaCl₂ durante el crecimiento del fruto y comprobaron que no necesariamente conduce a una fruta más firme, pero sí a una mejor retención de la firmeza durante el almacenamiento. Los intentos por aumentar los niveles de calcio en la fruta recolectada a través de pulverizaciones o por infiltraciones han sido dificultosos y su éxito limitado. Con este método hay poco movimiento más allá de la capa superficial (Van Eeden, 1992) ya que la cutícula de la fruta presenta una importante barrera para la penetración del calcio mediante pulverizaciones. Sin embargo, en productos de IV gama, los baños con sales cálcicas (ascorbato, silicato, cloruro, propionato, lactato cálcico), aplicados en postcosecha, entre

un 0,5 y un 4% han sido capaces de disminuir la respiración, reducir el ablandamiento y contaminación microbiológica, ayudando a extender la vida útil (Aguayo *et al.*, 2008; Silveira *et al.* 2011).

Es interesante destacar que un contenido excesivo de potasio, relativo al calcio, aumenta la aparición de cambios no deseables asociados con la textura de la fruta (Bramlage *et al.*, 1983; Sharples, 1984). Por su parte, concentraciones bajas de fósforo influyen en el ablandamiento, en particular, de frutas con bajos contenidos de calcio (Sharples, 1980).

La deficiencia de **boro** en el brócoli, aumenta el contenido de fibra (Petracek y Sams, 1987). Igualmente, la nutrición mineral de los cultivos también influye en el posterior sabor del producto. En cebolla, una mayor disponibilidad de azufre induce una acumulación del precursor de sustancias responsables del picor (Randle, 1997). Este incremento se acompaña con una disminución de los precursores de compuestos volátiles que confieren notas 'verdes' a la cebolla fresca.

2.3.2. Aporte hídrico

El sistema y momento del riego también afectan la calidad y la aparición de fisiopatías y podredumbres, como el ahuecado en apio, zanahorias y rábanos. Cuando el riego se realiza en fechas próximas a la recolección se observa un aumento de tamaño y una dilución de los componentes celulares, con la consiguiente pérdida de calidad sensorial y agrietado, que pueden dañar el producto procesado.

A pesar del importante papel del agua en el crecimiento y desarrollo de las frutas, se han realizado pocos estudios sobre la influencia de la cantidad y regímenes de su aplicación en la calidad de las frutas y hortalizas al momento de la cosecha y durante su vida útil como producto de IV gama. El riego presenta el dilema de tener que escoger entre producción y calidad, ya que

mientras un estrés acusado de agua induce su reducción, cuando es ligero solo es negativo para la producción, pero mejora algunos atributos de la calidad. En melocotoneros *O'Henry* cultivados bajo los regímenes de irrigación de 100%, 50% y 150% de evapotranspiración potencial (ET) aplicados durante 4 semanas antes de la cosecha afectaron al tamaño y contenido de sólidos solubles totales (SST). En términos generales, la fruta sometida al tratamiento con 50% de ET resultó más pequeña, pero con mayor contenido de SST (Mitchell y Chalmers, 1982). En pera *Bartlett*, el tamaño y contenido de SST estuvieron íntimamente relacionados con el nivel de estrés de agua experimentado por el árbol. El incremento en el estrés de agua del árbol estuvo asociado a su vez con aumentos en los SST de la fruta, firmeza y color amarillo de la epidermis, así como con una disminución del tamaño y del crecimiento vegetativo (Ferguson *et al.*, 1999). Falagán *et al.* (2012) también observaron un incremento en los SST, acompañado de una mayor concentración de vitamina C, en rodajas de nectarina Viowhite cuando los árboles eran sometidos a un riego deficitario controlado (RDC), irrigado como el testigo, excepto durante las fases I y II de crecimiento del fruto y la postcosecha, donde se regó al 80 y 60% del testigo, respectivamente. Previamente, otros investigadores como Puiupol *et al.* (1996) en plantas de tomates, Kilili *et al.* (1996) en manzano, Leskovar *et al.* (2004) en sandía, Goldhamer y Beede (2004) en pistacho, Zaicovski *et al.* (2008) en brócoli, Pérez-Pastor *et al.* (2007) en albaricoque o Buendía *et al.* (2008) en melocotón observaron que el RDC mantiene o incrementa la calidad global, en particular, los compuestos nutricionales como azúcares, licopeno y compuestos fenólicos. Peña *et al.* (2013) sometieron granados Mollar de Elche a RDC (32% de la ET) obteniendo frutos con una mayor coloración y firmeza, cuyos arilos presentaron mayor contenido en SST, vitamina C, actividad antioxidante y ácido protocatéuico que las granadas control (100% ET).

En tomate, existe suficiente evidencia de que el estrés hídrico al final de la estación, que puede deberse a la interrupción de la irrigación o a un déficit de la relación entre la irrigación y la demanda evapotranspirativa por más de 20 días previos a la cosecha, puede mejorar significativamente el contenido de SST. Además, el riego con agua salina en la estacionalidad tardía también incrementa los SST. Más ejemplos de hortalizas cultivadas con riego menos frecuente lo encontramos en puerros, que presentaron un incremento en las concentraciones de fibra dietética, vitamina C, proteína, calcio, magnesio, y manganeso (Sorensen et al., 1995). El contenido de vitamina C de brócoli varió inversamente con la precipitación promedio durante el desarrollo del florete y aumentó con déficits hídricos moderados (Toivonen et al., 1994). El incremento en el contenido de vitamina C puede servir como una estrategia de protección contra las lesiones debidas a la sequía. Por lo tanto, desde un punto de vista nutricional, cultivos hortícolas de IV y V gama, cultivados bajo suministro bajo de nitrógeno, y regados con menos frecuencia, presentarán un incremento en su contenido de vitamina C y bajas concentraciones de nitrato. Otra ventaja, es la obtención de una concentración mayor de SST que puede repercutir en un mejor precio del producto, en particular, en variedades extratempranas de frutos de hueso, por lo que las prácticas de irrigación apuntan hacia el mejor equilibrio económico entre productividad y calidad.

Por último, mencionar que los acolchados de plástico, utilizados para incrementar la eficiencia del uso del agua y controlar las malas hierbas, también impactan en el sabor del nabo (Antonious et al., 1996). Los glucosinolatos, compuestos que contribuyen al sabor de las crucíferas, tienen la concentración más alta cuando los nabos se cultivan con un acolchado azul. Sin embargo, la utilización de un acolchado verde, reduce el azúcar de esta hortaliza.

2.3.3. Cultivo sin suelo

Tradicionalmente, las hortalizas de hoja se cultivan en el suelo, pero recientemente, otras alternativas han cobrado un gran interés, como lo son las 'Técnicas de cultivo sin suelo'. Existen diversos sistemas de cultivo sin suelo como *Nutrient Film Technique* (NFT), en el que se recircula la solución nutritiva de forma continua para conseguir la adecuada oxigenación del sistema radicular de la planta, una modificación del NFT, que mejora la aireación del sistema radicular es el llamado NGS el *New Growing System* (NGS), en el que el movimiento del agua es continuo. Otros sistemas son el cultivo en sacos, aeroponía y bandejas flotantes (Fallovio et al., 2009). Las diferencias de un sistema de producción a otro puede afectar a la calidad y las características de seguridad de la materia prima, así como las del producto elaborado (Selma et al., 2012). Los sistemas sin suelo son adecuados para producir variedades de ciclos de cultivo corto y de alta densidad de plantas. A menudo se utilizan para la producción de cultivos de alto valor agregado, dirigidas al mercado de IV gama. La nutrición de estas plantas se puede controlar mejor en estos sistemas y la contaminación del suelo se evita (FAO/OMS, 2008). En general, en los sistemas de cultivo sin suelo, el contenido de compuestos bioactivos puede ser mejorado al tiempo que reduce el riesgo de contaminación microbiana. Selma et al. (2012) observaron que lechuga *Lollo Rosso* cultivada en un sistema sin suelo tenía un mayor contenido de fitoquímicos, incluyendo la vitamina C y compuestos fenólicos individuales y totales, que las cultivadas en el suelo. Este alto contenido de antioxidantes ha sido vinculado a un mejor mantenimiento de la calidad visual y el control del pardeamiento en comparación con el producto cultivado en el suelo. Resultados similares han sido obtenidos para espinaca cultivada en bandejas flotantes (Rodríguez Hidalgo et al., 2010).

2.3.4. *Aplicación de reguladores de crecimiento*

Los reguladores de crecimiento de las plantas son poderosas herramientas que influyen en el sabor y la composición del producto hortofrutícola. El etefón (ácido 2-cloroetilfosfónico), un compuesto que libera etileno, aplicado 3 días antes de la recolección de melón, provocó una reducción en el dulzor y sabor de la fruta analizada al día siguiente de la cosecha (Yamaguchi et al., 1977) pero no se detectaron diferencias 5 días más tarde. El etefón también puede aplicarse para uniformizar la maduración, como en el caso del tomate. Otros reguladores del crecimiento utilizados durante la producción afectan a la textura. El ácido giberélico logró aumentar la firmeza del tomate (Babbitt et al., 1973) y aumentar el tamaño de uvas y la firmeza de cítricos (Hewett, 2006).

2.3.5. *Daños mecánicos*

Frutas y hortalizas tienen que ser recolectadas, ya sea a mano o de forma mecanizada, de la forma más delicada posible. Sin embargo, en ambos casos, el producto sufre un estrés que influye en su metabolismo y, por tanto, en la vida útil, calidad sensorial y compuestos nutricionales. Además, en productos destinados a la IV y V gama, hay que añadir las subsecuentes operaciones como pelado y/o troceado y/o rallado, etc.

2.4. *Factores fisiológicos: Estado de madurez*

En el caso de los frutos, el estado de madurez en la recolección tiene un papel esencial en la composición química y, por lo tanto, en los atributos de calidad. Es precisamente durante la maduración cuando tienen lugar una serie de eventos bioquímicos y estructurales que hacen que se produzcan cambios importantes en los constituyentes. Esto determina que el fruto alcance las características sensoriales óptimas para el consumo. Resulta muy útil establecer "índices de madurez" que permitan determinar el momento de recolección más adecuado para el procesado en fresco.

La existencia de especies climatéricas y no climatéricas y su diferente comportamiento en poscosecha debe tenerse en cuenta. En las especies climatéricas el aumento de la síntesis de etileno es responsable del inicio de la maduración, dotando al fruto de un mayor potencial para su regulación y de la posibilidad de continuar el proceso una vez recolectados. Este comportamiento permite flexibilizar su recolección, pudiendo procesarse inmediatamente o tras la conservación frigorífica.

En los frutos no climatéricos la posibilidad de actuación es muy limitada, ya que carecen de esta capacidad y deben recolectarse cuando han alcanzado su calidad de consumo. Independientemente de estas diferencias, es importante tener en cuenta que la maduración se trata de un evento programado genéticamente que implica la expresión de genes específicos, con síntesis de enzimas de "novo" y "silenciación" de otros. Al ser un mecanismo activo gobernado por el genoma, la selección varietal adquiere una gran importancia.

En general, la firmeza disminuye a medida que la fruta madura. Por lo tanto, la etapa de madurez a la cosecha afecta directamente la textura del producto a ser consumido. En manzana, hay una correlación significativa entre la firmeza a la cosecha y la firmeza después del almacenamiento (Knee y Smith, 1989). En otras frutas, como el tomate, no existe esta relación (Ahrens y Huber, 1990). En algunos cultivos ricos en fibra, ésta aumenta con la madurez, lo cual puede originar una textura indeseable si el cultivo se cosecha en una etapa demasiado madura. Recolecciones tempranas son comercialmente ventajosas para mantener la textura durante el almacenamiento, la manipulación y el transporte, pero se produce a expensas de un pobre desarrollo del sabor y el aroma. La fruta cosechada en una etapa inmadura produce muchos de estos compuestos

en unas tasas demasiado bajas para lograr el sabor y aroma característico ya que una vez separados del árbol la tasa de producción de estos volátiles disminuye (Baldwin et al., 1991). Con respecto a los compuestos nutricionales, los tomates acumulan vitamina C durante la maduración en la planta o separada de ésta, pero el incremento es mucho mayor para los frutos que se mantienen en la planta (Betancourt et al., 1977). Lee et al. (1982) determinaron que los guisantes grandes y más maduros contenían menos vitamina C que los guisantes pequeños e inmaduros. Igualmente, Nagy (1980) informó que las frutas cítricas inmaduras contenían una mayor concentración de vitamina C que las maduras.

Es evidente que, por un lado, los atributos sensoriales, color, sabor, textura y aroma y por el otro los compuestos responsables de los aspectos nutricionales serán diferentes en función del momento de la recolección, determinado la calidad del producto procesado.

CONCLUSIONES

Es posible optimizar la calidad de frutas y hortalizas mediante la correcta selección del cultivar o variedad y un adecuado manejo de la nutrición, la irrigación y la disponibilidad de luz (arquitectura de la planta). De este modo se pueden minimizar diferentes desórdenes que pueden aparecer durante la manipulación postcosecha y el procesado. La ingeniería genética podría aportar mucho en la línea de mejorar la calidad de los cultivos. Sin embargo, su potencial se podrá explotar comercialmente a mayor escala cuando la sociedad esté convencida de que sus beneficios son mucho mayores que los riesgos.

LITERATURA CITADA

- AGUAYO, E.; ESCALONA, V.H.; ARTÉS, F. 2008. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'amarillo' melon. *Postharvest Biology and Technology*, 47: 397-406.
- AHRENS, M.J.; HUBER, D.J. 1990. Physiology and firmness determination of ripening fruit. *Physiologica Plantarum*, 78: 8-14.
- ANTONIOUS, G.F.; KASPERBAUER, M.J.; BYERS, M.E. 1996. Light reflected from colored mulches to growing turnip leaves affects glucosinolate and sugar contents of edible roots. *Photochemistry and Photobiology*. 64: 605-610.
- ARIAS, E.; GONZÁLEZ, J.; LÓPEZ-BUESA, P.; ORIA, R. 2008. Optimization of processing of fresh-cut pear. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(10): 1755-1763.
- ARTÉS, F. 2001. Productos vegetales procesados en fresco. En: Lamúa, M: (ed.). *Aplicación del Frío a los Alimentos*. Mundi Prensa, 5: 127-141.
- BABBITT, J.K.; POWERS, M.J.; PATTERSON, M.E. 1973. Effects of growth regulators on cellulose, polygalacturonase, respiration, color, and texture of ripening tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 98: 77-81.
- BALDWIN, E.A.; ARRIEDO, M.O.; MOSHONAS, M.G. 1991. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116: 265-269.
- BETANCOURT, L.A.; STEVENS, M.A.; KADER, A.A. 1977. Accumulation and loss of sugars and reduced ascorbic acid in attached and detached tomato fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102: 721-723.

- BRAMLAGE, W.J.; DRAKE, M.; WEISS, A.; MASMO, C.A. 1983. The effects of mineral nutrition on keeping quality of McIntosh apples being grown in Massachusetts. Proceedings 89th Annual Meeting Massachusetts Fruit Growers Association, 89: 122-133.
- BUENDÍA, B.; ALLENDE, A.; NICOLAS, E.; ALARCON, J.J.; GIL, M.I. 2008. Effect of regulated deficit irrigation and crop load on the antioxidant compounds of peaches. *Agricultural and Food Chemistry*, 56(10): 3601-3608.
- CABEZAS-SERRANO, A.B.; AMODIO, M.L.; CORNACCHIA, R.; RINALDI, R.; COLELLI, G. 2009. Screening quality and browning susceptibility of five artichoke cultivars for fresh-cut processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 2588-2594.
- CANTOS, E.; TUDELA, J.A.; GIL, M.I.; ESPÍN, J.C. 2002. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (10): 3015-3023.
- CONWAY, W.S.; SAMS, C.E.; WANG, C.Y.; ABBOTT, J.A. 1994. Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(1): 49-53.
- CRISOSTO, C. H.; JOHNSON, R.S.; DEJONG, T.; DAY, K.R. 1997. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. *HortScience* 32:820-823.
- FALAGÁN, N.; AGUAYO, E.; GÓMEZ, P.A.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; DE LA ROSA, J.M.; ARTÉS, F. 2012. Combining deficit irrigation strategies and controlled atmosphere to maintain bioactive compounds in nectarine. 7th International Postharvest Symposium, Kuala Lumpur, Malasia, 15 al 29 de Junio de 2012.
- FALLOVO, C.; ROUPHAEL, Y.; REA, E.; BATTISTELLI, A.; COLLA, G. 2009. Nutrient solution concentration and growing season affect yield and quality of *Lactuca sativa* L. var. *acephala* in floating raft culture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 1682-1689.
- FAO/WHO, Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, 2008. Microbiological hazards in fresh leafy vegetables and herbs. Meeting Report. Microbial Risk Assessment Series No. 14. Rome, 151.
- FERGUSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. 1999. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 255-262.
- GOLDHAMER, D.A.; BEEDE, R.H. 2004. Regulated deficit irrigation effects on yield, nut quality and water-use efficiency of mature pistachio trees quality. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(4): 538-545.
- HARRIS, R.S. 1975. Effects of agricultural practices on the composition of foods. En: *Nutritional Evaluation of Food Processing*, 2nd edn. Harris, R.S., Karmas, E. (eds.). AVI, Westport, CT: 33-57.
- HEWETT, E.W. 2006. An overview of preharvest factors influencing postharvest quality of horticultural products. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 1: 4-15.
- IGLESIAS, I.; ECHEVERRÍA, G. 2009. Differential effect of cultivar and harvest date on nectarine colour, quality and consumer acceptance. *Scientia Horticulturae*, 120: 41-50.
- KILILI, A.W.; BEHBOUDIAN, M.H.; MILLS, T.M. 1996. Postharvest performance of 'Braeburn' apples in relation to withholding of irrigation at different stages of the growing

- season. *Journal of Horticultural Science*, 71(5): 693-701.
- KNEE, M.; SMITH, S.M. 1989. Variation in quality of apple fruits stored after harvest on different dates. *Journal of Horticultural Science*, 64: 413-419.
- LEE, C.Y.; MASSEY, L.M.; VAN BUREN, J.P. 1982. Effects of postharvest handling and processing on vitamin contents of peas. *Journal of Food Science*, 47: 961-964.
- LESKOVAR, D.; BANG, H.; CROSBY, K.M.; MANESS, N.; FRANSO, J.A.; PERKINS-VEAZIE, P. 2004. Lycopene, carbohydrates, ascorbic acid and yield components of diploid and triploid watermelon cultivars are affected by deficit irrigation. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79: 75-81.
- LISIEWSKA, Z.; KMIĘCIK, W. 1996. Effect of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage for frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. *Food Chemistry*, 57: 267-270.
- MADRID, R.; LÓPEZ, M.; BARBA, E.; GÓMEZ, P.; ARTÉS, F. 2008. Influence of nitrate fertilizer on macronutrient contents of celery plants on soil-less culture. *Journal of Plant Nutrition*, 31(1): 55-67.
- MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G.B.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; GÓMEZ, P.A.; ARTÉS, F. 2013. Comparative behaviour between kailan-hybrid and conventional fresh-cut broccoli throughout shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, 50: 298-305.
- MITCHELL, P.D.; CHALMERS, D.J. 1982. The effect of reduced water supply on peach tree growth and yields. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107: 853-856.
- NAGY, S. 1980. Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28: 8-18.
- PEÑA, M.E.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; AGUAYO, E.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G.; GALINDO, A.; ARTÉS, F.; GÓMEZ, P. 2013. Effect of sustained deficit irrigation on physicochemical properties, bioactive compounds and postharvest life of pomegranate fruit (cv. 'Mollar de Elche'). *Postharvest Biology and Technology*, 86: 171-180.
- PÉREZ-PASTOR, A.; RUIZ-SÁNCHEZ, M.C.; MARTÍNEZ, J.A.; NORTES, P.A.; ARTÉS, F.; DOMINGO, R. 2007. Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 2409-2415.
- PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J.K.; PAIR, S.D.; ROBERTS, W. 2001. Lycopene content differs among red fleshed watermelon cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81: 983-987.
- PETRACEK, P.D.; SAMS, C.E. 1987. The influence of boron on the development of broccoli plants. *Journal of Plant Nutrition*, 10: 2095-2107.
- PICCHIONI, G.A.; WATADA, A.E.; CONWAY, W.S.; WHITAKER, B.D.; SAMS, C.E. 1998. Postharvest calcium infiltration delays membrane lipid catabolism in apple fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 2452-2457.
- POOVAIAH, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging the storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, 40: 86-89.
- PRANGE, R.; DEELL, J.R. 1997. Preharvest factors affecting quality of berry crops. *HortScience*, 32: 824-830.

- PUIUPOL, L.U.; BEHBOUDIAN, M.H.; FISHER, K.J. 1996. Growth, yield, and postharvest attributes of glasshouse tomatoes produced under deficit irrigation. *HortScience*, 31(6): 926-929.
- RANDLE, W. 1997. Onion flavor chemistry and factors influencing flavor intensity. En: *Spices: Flavor Chemistry and Antioxidant Properties*. Risch, S.J.; Ho, C.T. (eds.). ACS Symposium Series 97: 55-59.
- RODRÍGUEZ HIDALGO, S.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; GÓMEZ, P.A.; FERNÁNDEZ, J.; ARTÉS, F. 2010. Quality of fresh-cut baby spinach grown under floating trays system as affected by N fertilization and innovative package treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90:1089-1097.
- ROMOJARO, F.; MARTÍNEZ-MADRID, C.; PRETEL, M. 2007. Factores pre cosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. *Phytoma*, 189: 91-96.
- ROSEN, J.C.; KADER, A.A. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *Journal of Food Science*, 54: 656-659.
- SAMS, C.E. 1999. Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 249-254.
- SELMA, M.V.; LUNA, M.C.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; TUDELA, J.A.; BELTRÁN, D.; BAIXAULI, C.; GIL, M.I. 2012. Sensory quality, bioactive constituents and microbiological quality of green and red fresh-cut lettuces (*Lactuca sativa* L.) are influenced by soil and soilless agricultural production systems. *Postharvest Biology and Technology*, 63: 16-24.
- SCOTT, W.D.; MCCRAW, B.D.; MOTES, J.E.; SMITH, M.W. 1993. Application of calcium to soil and cultivar affect elemental concentration of watermelon leaf and rind tissue. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118: 201-206.
- SERRANO, M.; AMORÓS, A.; PRETEL, M.T.; MARTÍNEZ-MADRID, M.C.; MADRID, R.; ROMOJARO, F. 2002. Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. *Food Science and Technology International*, 1: 1-8.
- SHARPLES, R.O. 1980. The influence of orchard nutrition on the storage quality of apples and pears grown in the United Kingdom. En: *Mineral Nutrition of Fruit Trees*. Atkinson, D., Jackson, J.E., Sharples, R.O., Waller, W. (eds.). Butterworths, London, 17-28.
- SHARPLES, R.O. 1984. The influence of preharvest conditions on the quality of stored fruit. *Acta Horticulturae*, 157: 93-104.
- SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. 1995. Effect of preharvest application of calcium on flesh firmness and cell wall composition of apples, influence of fruit size. *Journal of Horticultural Science*, 70: 263-269.
- SILVA, E. 2008. Influence of preharvest factors on postharvest quality. En: *Wholesale success: a farmer's guide to selling, postharvest handling, and packing produce (Midwest edition)*. Disponible online en: <http://www.familyfarmed.org/wholesale-success/>
- SILVEIRA, A.C.; AGUAYO, E.; ARTÉS, F. 2013. The suitability of three Galia melon cultivars and different types of cuts for the fresh-cut industry. *Journal of the Science Food and Agriculture*, doi: 10.1002/jsfa.6306.

-
- SILVEIRA, A.C.; AGUAYO, E.; CHISARI, M.; ARTÉS, F. 2011. Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut 'Galia' melon. *Postharvest Biology and Technology*, 62: 77-84.
- SORENSEN, J.N.; JOHANSEN, A.S.; KAACK, K. 1995. Marketable and nutritional quality of leeks as affected by water and nitrogen supply and plant age at harvest. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68: 367-373.
- TARAZONA-DÍAZ, M.P.; VIEGAS, J.; MOLDAO MARTINS, M.; AGUAYO, E. 2011. Bio-active compounds of different cultivars from flesh and by-product of fresh-cut watermelons. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 805-812.
- TOIVONEN, P.M.A.; ZEBARTH, B.J.; BOWEN, P.A. 1994. Effect of nitrogen fertilization on head size, vitamin C content and storage life of broccoli (*Brassica oleracea var. italica*). *Journal of Plant Science*, 74: 607-610.
- TUDELA, J.A.; GIL, M.I.; ESPÍN, J.C. 2002. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 26(1): 75-84.
- VAN EEDEN, S.J. 1992. Calcium infiltration as a possible postharvest treatment to increase storage potential of mango fruit. *South African Mango Growers Association Yearbook*, 12: 26-27.
- VAROQUAUX, P.; LECENDRE, I.; VAROQUAX, F.; SOUTY, M. 1990. Changes in firmness of kiwi fruit after slicing. *Science Alimentaire*. 10: 127-139.
- WATADA, A.E.; QI, L. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 201-205.
- YAMAGUCHI, M.; HUGHES, D.L.; TYLER, K.B.; JOHNSON, H.; MAY, D. 1977. Preharvest ethephon application reduces muskmelon quality. *HortScience*, 12: 324-325.
- ZAICOVSKI, C.B.; ZIMMERMAN, T. 2008. Water stress increases cytokinin biosynthesis and delays postharvest yellowing of broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology*, 49(3): 436-439.

ÍNDICES DE MADUREZ, MOMENTO DE COSECHA Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE PRODUCTOS DE IV GAMA

Effects of maturity indices and harvest time on quality of fresh cut products

Natalia Moscoso¹, Catalina Vasco², Ruth Bastidas¹ y Silvia Valencia-Chamorro¹

¹Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, Escuela Politécnica Nacional

²Departamento de Ciencias Nucleares, Escuela Politécnica Nacional.

P.O. BOX 17 – 01 2759. Quito, Ecuador. silvia.valencia@epn.edu.ec

* Información de correspondencia del autor:

Teléfono: (+593) 2 2507138

Fax: (+593) 2 2507142

E-mail: silvia.valencia@epn.edu.ec

RESUMEN

En la actualidad, la demanda de frutas y hortalizas frescas, listas para consumir, se ha incrementado notablemente, debido a su calidad nutricional y sensorial, y sobre todo por la facilidad para su consumo. Los productos de IV gama, son productos sometidos a un tratamiento mínimo, como: pelado, cortado, troceado, entre otros. Varios factores pueden afectar la calidad de estos productos como: tipo de cultivo, estado de madurez, momento de la recolección, acondicionamiento de la materia prima, manipulación y procesamiento, almacenamiento y comercialización del producto terminado. El estado de madurez de los productos hortofrutícolas están relacionado con el momento oportuno para realizar la cosecha y este a su vez influye en la calidad de los productos mínimamente procesados. Los índices de madurez más utilizados al momento de la cosecha, en productos hortofrutícolas son: tamaño y forma, color externo, firmeza, contenido de jugo, contenido de aceite, materia seca, contenido de sólidos solubles totales, acidez, entre otros. Por otro lado, el estado de madurez y la serie de operaciones a las que se someten las frutas y las hortalizas frescas para la

elaboración de estos productos tienen una relación directa con el deterioro en la calidad de los mismos. El daño físico que se produce al momento de preparar estos alimentos incrementa la tasa de respiración y de la producción de etileno y de otras reacciones bioquímicas responsables por el cambio de color, sabor, firmeza y calidad nutricional. Por tanto, se establece la necesidad de determinar el estado de madurez adecuado de los productos hortofrutícolas para mantener la calidad nutricional y sensorial de los productos de IV gama.

Palabras clave: poscosecha, precortados, madurez, cosecha, alimentos listos para consumir.

SUMMARY

Nowadays, fresh fruits and vegetables, ready to eat products are notably increasing owing to their nutritional and sensory qualities, and mainly owing to their ease consume. The 4th range product have minimal treatments such as peeling, cutting or slicing, and others. Several

factors had an influence on the quality of these products, such as, type of cultivar, maturity stage, harvest time, conditioning of raw material, handling, processing, storage conditions and merchandising of final products. Maturity stage of horticultural products depends of ideal harvest time that has an influence on the quality of minimally processed products. Maturity indexes at harvest time, for fruits and vegetables, are shape, size, color, firmness, juice content, oil content, soluble solids and acidity contents. Quality of 4th range products are a consequence of maturity indexes of fruits and vegetables harvested in an opportune harvesting time. On the other hand, maturity stage and processing of raw are directly associated to spoilage of final products. Processing of fruits and vegetables cause physical damage on the 4th range products, consequently are an increase on the respiration rate, ethylene production and other biochemical reactions. Moreover, are responsible of color changes, decrease of flavor, firmness and nutritional quality. Therefore, it is important to establish suitable maturity indexes of horticultural products to maintain nutritional and sensory quality of 4th products.

Keywords: postharvest, precutting, maturity, ready to eat, fresh cut.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una demanda creciente por el consumo de frutas y vegetales en fresco, ya que estos alimentos aportan minerales y vitaminas necesarias para una alimentación adecuada y además porque dan sabor, calidad y variedad a las dietas. La calidad de los productos ya sea para el manejo en fresco o para la elaboración de productos procesados depende principalmente del momento de la recolección (Sudheer y Indiara, 2007). Por tanto, la recolección de frutas y verduras en la etapa de maduración adecuada es de suma importancia para alcanzar la calidad deseable en los

Simiente 85(1-2):27-36

productos de IV gama. Los frutos cosechados en una madurez temprana carecen de sabor y no pueden terminar su proceso de maduración correctamente, mientras que cuando son cosechados tardíamente, su vida comercial es muy limitada por presentar una madurez inadecuada. Por otro lado, los vegetales se cosechan en diferentes estados de desarrollo que dependen de la parte de la planta que se consume falta una referencia.

Actualmente el uso de índices de madurez para determinar el momento de la cosecha de los productos hortofrutícolas permite incrementar la calidad sensorial y nutricional, programar la cosecha y el procesamiento de estos productos e incrementar la vida de anaquel de los mismos (Dhatt y Mahajan, 2007).

Los índices de madurez más utilizados para frutas son las características físicas y químicas como el color, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, el contenido de almidón y la acidez, entre otros. Además se pueden combinar los anteriores con otros como el número de días de floración a cosecha, la tasa de respiración y la producción de etileno (Beaulieu y Lea, 2007). El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión sobre la influencia de los índices de madurez y el tiempo de cosecha en la calidad de productos de IV gama.

Índices de madurez

La madurez se define como el estado en el que tanto frutas como vegetales alcanzan un desarrollo suficiente, de tal manera que después de la cosecha, manejo poscosecha y procesamiento, su calidad será al menos la mínima aceptada por el consumidor (Crisosto, 1994).

Los cambios más evidentes observados durante la maduración de los frutos climatéricos son los cambios sensoriales como el color, el sabor, la firmeza, etc. Estos cambios responden a la reestructuración metabólica y química

desarrollada en los frutos. La mayoría de los cambios fisiológicos y bioquímicos que ocurren en la maduración son medibles y ayudan a determinar el momento óptimo de la recolección, por lo que se pueden obtener productos hortofrutícolas con características de madurez óptimas para el procesamiento y posterior consumo (Sudheer y Indiara, 2007). La madurez es un atributo de calidad importante para los frutos y vegetales frescos cortados debido a que frutos inmaduros carecen de buena calidad sensorial y por otro lado frutos demasiado maduros tiene una vida útil limitada (Watada y Ling, 1999). La vida útil de los frutos enteros y/o cortados está determinada por la madurez en el momento de la cosecha. Los frutos inmaduros son más susceptibles a daños mecánicos y carecen de calidad sensorial (Simson y Straus, 2010).

Características físicas

Existe una amplia gama de características físicas para evaluar la madurez de los frutos y vegetales (Sudheer y Indiara, 2007). Entre estas están el color, el tamaño, la forma, etc., la importancia de estas características en la calidad de productos de IV gama se detalla a continuación.

a. Tamaño y forma

Los frutos y vegetales, en las diferentes etapas del desarrollo, alcanzan determinados tamaños y formas que en algunos casos permiten identificar la etapa de madurez en la que se encuentran. Sin embargo para poder utilizar el tamaño y la forma como índices de madurez, se los debe asociar con otros parámetros, como el color y/o el peso que normalmente deben presentar estos productos en cada etapa (Crisosto, 1994).

El tamaño y forma de los frutos pueden ser usados para decidir la madurez de cosecha en frutos de hueso, los cuales están asociados a los requerimientos del mercado (Thompson, 1998). Por otro lado, en los vegetales en etapas

tempranas de desarrollo, es normal tomar como referencia el tamaño alcanzado para la cosecha y el procesamiento (Dhatt y Mahajan, 2007).

Para la cosecha de apio (*Apium graveolens*) la longitud se considera un índice de madurez, la longitud del tallo hasta la primera hoja debe ser al menos de 15 cm, antes de que aumente su firmeza, de tal forma que el apio fresco cortado tenga calidad aceptable para la comercialización, procesamiento y consumo (Yommi et al., 2013).

b. Color

El color de los frutos está determinado por la presencia de varios pigmentos en la piel y la pulpa de los mismos. Durante la maduración, en la piel de algunos frutos se pierde la intensidad del color verde, aparecen tonalidades más claras y finalmente colores amarillos, rojos o violetas (Crisosto, 1994; Dhatt y Mahajan, 2007). Por lo tanto este índice es utilizado en frutos en los que el color de su piel varía notablemente en el proceso de maduración (Thompson, 1998), como el albaricoque (*Prunus armeniaca*), el melón (*Cucumis melo*), la ciruela (*Spondias purpurea* L.), la frambuesa (*Rubus idaeus*), la frutilla (*Fragaria vesca* L), etc. (Kader, 1999).

Con base en la experiencia de productores de frutas, se establecieron los colores de maduración en cartas de color que se utilizan en la selección y clasificación de la materia prima destinada para la producción de alimentos de IV gama.

La pérdida de la integridad de la membrana en tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. Jama) se ve afectada principalmente por el estado de madurez, la temperatura y el tiempo de almacenamiento, cuando se lo procesa en rodajas (Natalini et al., 2013). Los autores reportaron que el estado de madurez rosado (RK) fue el adecuado para el procesamiento ya que después del almacenamiento a 4 °C por 7 días la pérdida de integridad del tejido estuvo en el rango de 16 al 25 %.

Estudios realizados con carambola (*Averrhoa carambola*) reportaron que el estado adecuado de madurez para procesamiento de fruta cortada en fresco fue la coloración verde antes del cambio de color, los frutos cosechados en este estado de madurez, desarrollaron el color amarillo en el almacenamiento pero el contenido de azúcares no cambió y la acidez titulable disminuyó (Bai et al., 2009b).

En el procesamiento de melón (*Cucumis melo*) fresco cortado en cubos, se recomendó la cosecha de la materia prima cuando el color se había desarrollado en la mitad o más de la mitad del fruto para la obtención de un producto final con buena calidad organoléptica (Beaulieu et al., 2007).

En otro estudio, en mango (*Mangifera indica* L.) destinado para el procesamiento mínimo, cortado en rodajas o en cubos y que fue cosechado en color verde, se reportó que dicha madurez no fue la adecuada para la elaboración de ese tipo de productos puesto que se observó una vida de anaquel corta y la calidad sensorial fue inadecuada, especialmente de aroma (Allong et al., 2000).

Por otro lado, para el procesamiento de pimientos (*Capsicum annuum*) en rodajas, se recomendó cosecharlos hasta una coloración parcial ya que mantuvieron la textura y el color después del almacenamiento en atmósferas controladas. Los pimientos verdes son los más recomendados para el procesamiento mínimo ya que la pérdida de compuestos fenólicos en el procesamiento es baja después de 21 días de almacenamiento a 4 ± 5 °C y 95 % de humedad relativa (Barbagallo et al., 2012), en comparación con pimientos rojos y amarillos.

c. Firmeza

El estado de madurez en el momento de la cosecha de frutos y vegetales influye en la textura de los productos cortados, por lo que es necesario cosecharlos antes de su estado de

madurez comercial (Watada y Ling, 1999). La firmeza que presentan los frutos y vegetales es el resultado de la unión de células por medio de la pectina. Durante el proceso de maduración los enlaces se rompen y decrece la firmeza de los frutos. Los factores que intervienen en este cambio son: la variedad, las condiciones del cultivo y el estado de madurez en el que se encuentran (Dhatt y Mahajan, 2007).

La determinación de este índice puede realizarse de manera subjetiva al presionar el fruto con la mano, pero se recomienda usar métodos cuantitativos como los que se realizan usando el equipo Instron, que permite evaluar sus propiedades mecánicas, entre otras. En algunos casos también se recomienda el uso de métodos no destructivos basados en fuerza-impacto, rebote-impacto, vibración de baja frecuencia, vibración sónica y respuesta acústica (Thompson, 1998).

En la etapa de maduración, la firmeza de los frutos decrece rápidamente, así en peras (*Pyrus communis* L.) almacenadas a 20 °C, la firmeza disminuyó desde valores sobre los 50 N (frutos sin madurar) hasta 20 N (frutos totalmente maduros) entre 2 - 3 días (Chen et al., 2003). Por lo tanto, la firmeza de los frutos es un factor importante que debe ser tomado en cuenta al momento de la elaboración de productos frescos cortados (Barrett et al., 2010).

Se han reportado valores de firmeza, después de la cosecha, de 44 N, para garantizar la calidad de manzanas (*Malus domestica*) de la variedad "Golden delicious" mínimamente procesadas. Sin embargo, para frutos de la misma variedad, se ha reportado valores de firmeza de hasta 70 N (Rutkowski et al., 2008). Estas diferencias, pueden ser consecuencia del tiempo de cosecha, ya que los frutos cosechados después del inicio de la producción de etileno, presentan diferentes características a los cosechados tempranamente, y no son adecuados para el almacenamiento a largo plazo. Algunos autores reportaron que la

firmeza de las peras destinadas para el procesamiento mínimo depende de la variedad, así la variedad Bartlett presentó valores de firmeza entre 44 y 58 N (Al-Ati et al., 2002; Gorny et al., 2000), la variedad "Conference" parcialmente maduras con firmeza de 44 N, y la variedad "Anjou" con firmeza entre 22 y 31 N (Chen et al., 2003).

Diferentes rangos de firmeza de mango (*Mangifera indica* L.) cv. "Ataulfo" se han utilizado en la elaboración de rodajas o cubos (Siddiq et al., 2012). En el procesamiento de estos frutos con tratamientos de inmersión en ácido ascórbico (AA) + ácido cítrico (CA) + cloruro de calcio (CaCl_2), a diferentes concentraciones, la firmeza disminuyó continuamente de 27 a 21 N después del almacenamiento a 5 °C por 15 días, igualmente se presentaron reducciones de β -caroteno de 4,72 a 1,30 mg / 100 g y una disminución de vitamina E de 1,33 a 1,04 mg / 100 g, a diferencia de la capacidad antioxidante que se mantuvo en 931 μmol TE por 100 g (Robles et al., 2009).

Características químicas

La composición de frutas y vegetales puede ser utilizada para determinar su madurez. Estos productos presentan diferente composición química con cantidades variables de sus componentes como agua, carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas, etc., y cuya composición varía en las diferentes etapas del desarrollo. Como resultado de estos cambios los productos hortícolas presentan diversas características que pueden ser medibles como pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, entre otros, que permiten establecer los índices de madurez con el fin de que mantengan su calidad ya sea como producto entero o mínimamente procesado.

a. Acidez titulable

Al iniciar la maduración, en algunos frutos, se presenta un alto contenido de ácidos orgánicos y bajo contenido de azúcares por lo que en esos

productos predomina el sabor ácido. En frutos cítricos, la acidez se reduce progresivamente a medida que aumenta su madurez (Thompson, 1998). Además de ser un índice de madurez comercial y organoléptico, proporciona su sabor característico a varias frutas. Por lo tanto algunos frutos muy maduros presentan niveles muy bajos de ácido y carecen de sabor (Dhatt y Mahajan, 2007).

Para frutos como la piña (*Ananas comosus*) después de 9 días en el almacenamiento a 5 °C, la variación de la acidez titulable de los frutos enteros estuvo en el rango 0,76 - 0,60 %, y de los frutos cortados en el rango 0,66 - 0,64 %, también se reportó que dicha disminución estuvo asociada al deterioro de la firmeza y de la calidad visual de las rodajas de piña (Gil et al., 2006).

En otra investigación, se reportó que el valor mínimo de acidez titulable total para obtener calidad aceptable de manzanas (*Malus domestica*) variedad "Golden Delicious" frescas cortadas fue 0,7 % (Rutkowski et al., 2008).

En la producción de rodajas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Jama, se recomendó trabajar con tomates en estado de madurez rosado (PK), puesto que mantuvieron la acidez titulable y contenido de azúcares que en el fruto entero, además de presentar estabilidad en el pH de las rodajas durante el almacenamiento en oscuridad a 4 °C (Natalini et al., 2013).

b. Sólidos solubles totales (SST)

Los sólidos solubles totales (SST) son aquellos compuestos, principalmente azúcares, que se encuentran presentes en los frutos, su contenido total se expresa en °Brix y varían de acuerdo al cultivar y al estado de madurez (Dadzie y Orchard, 1997). La acumulación de SST depende del tipo de fruto. En la pulpa de los frutos climatéricos se depositan nutrientes en forma de almidón que durante el proceso de maduración se transforman en azúcares (Dhatt y Mahajan,

2007). Por otro lado, en los frutos no climatéricos el azúcar se acumula dentro del fruto durante la maduración (Thompson, 1998). En ambos casos se tiene un incremento del contenido de SST por lo que se puede emplear para determinar la madurez.

El método más utilizado para la determinación del contenido de SST, es un método destructivo puesto que la medición se realiza en el jugo de los frutos con la ayuda de un refractómetro (Dhatt y Mahajan, 2007).

En la elaboración de ensalada de pera fresca cortada se observó que la variación de SST después de 1 mes de almacenamiento no fue significativa para peras cosechadas en madurez comercial al igual que peras cosechadas en madurez tardía (Bai et al., 2009a).

Por otro lado, en la elaboración de melón (*Cucumis melo* L.) var. *reticulatus* Naudin, cortado en cubos, el contenido de SST varió en función del día de cosecha después de la floración. Los frutos presentaron un contenido de SST de alrededor del 8 % cuando fueron cosechados a los 35 días, mientras que los melones cosechados a los 37 y 38 días antes de la floración, presentaron contenidos de SST de hasta 10,62 %. En este caso se reportó una relación directa entre los días de cosecha después de la floración y el contenido de SST (Beaulieu y Lea, 2007).

Índice cronológico

Las diferentes etapas de desarrollo de frutas y vegetales se pueden tomar como referencia para obtener la madurez óptima de cosecha.

a. Días después de la floración, trasplante o siembra

Este índice es considerado para cultivos perennes que se desarrollan en climas estacionales. Los días de floración o días a partir de plena floración inician cuando el 50 % de las flores se encuentren abiertas.

Para preparar melón (*Cucumis melo*) fresco troceado en cubos se utilizó este índice de madurez en la cosecha. Estos frutos cosechados de 12 a 35 días después de la floración presentaron incrementos de compuestos fenólicos, disminución de la vitamina C y poca variación de β -carotenos y vitamina E en comparación con los frutos enteros en el almacenamiento (Beaulieu y Lea, 2007).

Para la producción de papaya (*Carica papaya* L.) de variedad "Pluk Mai Lie" fresca cortada se recomendó cosecharlas tres meses después de la floración (Fuggate et al., 2010).

En vegetales como el apio (*Apium graveolens*) los días después del trasplante fueron considerados como índice de madurez, así como también la longitud de los tallos, los cuales están directamente relacionados con su peso. Para la producción de apio fresco cortado se recomendó la cosecha a los 122 o 129 días después del trasplante, ya que en ese período presentaron un balance óptimo entre calidad y rendimiento, además que permitió preparar productos cortados de color uniforme. Cuando se retrasa la cosecha, se tiene como resultado plantas más grandes, de mayor firmeza y con un alto contenido de fibra, de tal forma que disminuye su calidad sensorial (Yommi et al., 2013).

Por otro lado, para la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) fresca cortada, se recomendó cosecharla 30 días después de la siembra ya que luego del procesamiento y el empaquetado, el producto presentó niveles bajos de etileno, contrario a lo que sucede cuando se cosecha a los 45 o 60 días después de la siembra (Chiesa et al., 2003).

CONCLUSIONES

La influencia de los índices de madurez y el momento de cosecha en la calidad de los productos de IV gama es alta. El manejo adecuado de los índices de madurez por separado y en combinación unos con otros, permite mejorar la calidad tanto organoléptica como nutricional de estos productos, e incluso ayuda a disminuir los desechos en la poscosecha o en el procesamiento.

La calidad de productos de IV gama depende del momento de cosecha de la materia prima que a su vez, se encuentra determinado por los índices de madurez, los cuales son específicos para los diferentes productos hortofrutícolas. Para determinar los índices de madurez existen varios métodos, pero los más recomendados son los no destructivos que permiten extender el tiempo de vida útil de la materia prima y del producto final.

LITERATURA CITADA

AL-ATI, T.; BALDWIN, E.; BARRET, D.; BEAULIEU, J.; BETT, K.; CHEN, J.; DEELL, J.; GARCIA, E.; GARRET, E.; HEARD, G.; HOTCHKISS, J.; HURTS, W.; JAMES, J.; KADER, A.; LAMIKANRA, O.; MAZOLLIER, J.; POMPELLI, G.; TOIVENEN, P.; VAROQUAUX, P., 2002, *Fresh-Cut Fruits and vegetables, Science, Technology, and Market*, CRC PRESS, United States of America, 452 p.

ALLONG, R., WICKHAM, L.D. MOHAMMED, M. (2000). The effect of cultivar, fruit ripeness, storage temperature and duration on quality of fresh-cut mango. *Acta Horticulturae*, 509, 487–494.

BAI, J.; NARCISO, J.; PLOTTO, A.; BALDWIN, E., 2009a, Harvest Maturity, Pre-cutting Wash, and Post-processing Dip to Improve Quality of Fresh-cut Carambola Fruit. *Florida State Horticultural Society*, 122: 338-341.

BAI, J.; WU, P.; MANTHEY, J.; GOODNER, K.; BALDWIN, E., 2009b, Effect of harvest maturity on quality of fresh-cut pear salad. *Postharvest Biology and Technology*, 51(2): 254-256.

BARBAGALLO, R.; CHISARI, M.; PATANÉ, C., 2012, Polyphenol oxidase, total phenolics and ascorbic acid changes during storage of minimally processed 'California Wonder' and 'Quadrato d'Asti' sweet peppers. *Food Science and Technology*, 49(2): 192-196.

BARRETT, D.; BEAULIEU, J.; SHEWFELT, R. 2010. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Food Science and Nutrition*, 50(5): 369-389.

- BEAULIEU, J.; LEA, J., 2007, Quality Changes in Cantaloupe During Growth, Maturation, and in Stored Fresh-cut Cubes Prepared from Fruit Harvested at Various Maturities. *American Society for Horticultural Science*, 132(5): 723-724.
- CRISOSTO, C., 1994, Stone fruit maturity indices: a descriptive review. *Postharvest News and Information*, 5(6): 1-5.
- CHEN, P.; VARGA, M.; SEAVERT, C., 2003, Developing a Value-added Fresh-cut 'D'Anjou' Pear Product. *HortTechnology*, 23(4): 316-318.
- CHIESA, A.; FREZZA, D.; FRASCHINA, A.; TRINCHERO, G.; MOCCIA, S.; LEON, A. 2003. Pre-harvest factors and fresh cut vegetables quality. *Acta Hort.* 604:153-159.
- DADZIE, B.; ORCHARD, J., 1997, Routine Post-Harvesting Screening of Banana/Plantain Hybrids: Criteria and Methods, 75 pp.
- DHATT, A.; MAHAJAN, B., 2007, Harvesting, Handling and Storage of Horticultural Crops, Punjab Horticultural Postharvest Technology Centre, Punjab Horticultural Postharvest Technology Centre, Ludhiana, 30 p.
- FUGGATE, P.; WONGS-AREE, C.; NOICHINDA, S.; KANLAYANARAT, S., 2010, Quality and volatile attributes of attached and detached 'Pluk Mai Lie' papaya during fruit ripening. *Scientia Horticulturae*, 126(2): 121-127.
- GIL, M.; AGUAYO, E.; KADER, A., 2006, Quality Changes and Nutrient Retention in Fresh-Cut versus Whole Fruits during Storage. *Journal Agriculture and Food Chemical*, 54: 13.
- GORNY, J.; CIFUENTES, R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A., 2000, Quality Changes in Fresh-cut Pear Slices as Affected by Cultivar, Ripeness Stage, Fruit Size, and Storage Regime. *Sensory and Nutritive Qualities of Food*, 65(3): 543-544.
- KADER, A., 1999, Fruit maturity, ripening and quality relationships. University of California USA; Department of Pomology 6: 203-208.
- NATALINI, A.; MARTINEZ-DIAZ, V.; FERRANTE, A.; PARDOSSI, A., 2013, Effect of temperature and ripening stages on membrane integrity of fresh-cut tomatoes. *Acta Physiol Plant*: 8.
- ROBLES, R.; ISLAS-OSUNA, M.; ASTIAZARAN-GARCÍA, H.; VÁZQUEZ-ORTIZ, F.; MARTÍN BELLOSO, O., 2009, Quality Index, Consumer Acceptability, Bioactive Compounds, and Antioxidant Activity of Fresh-Cut "Ataulfo" Mangoes (*Mangifera Indica* L.) as Affected by Low-Temperature Storage. *Journal of Food of Science*, 74(3): 127-130.
- RUTKOWSKI, K.; MICHALCZUK, B.; KONOPACKI, P., 2008, Nondestructive determination of 'Golden delicious' apple quality and harvest maturity. *Research Institute of Pomology and Floriculture*, 16: 41-47.
- Siddiq, M.; Akhtar, S.; Siddiq, R. 2012. *Mango Processing, Products, and Nutrition*. EN: Tropical and Subtropical Fruit Processing and Packaging, First Edition. Muhammad Siddiq (Ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- SIMSON, S.; STRAUS, M. 2010. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. (1era Ed.). Jaipur.. India. Global Media.
- SUDHEER, K.; INDIARA, V., 2007, *Post-Harvest Technology of Horticultural Crops*, Pitam Pura, New Delhi: 31-34 pp.
- THOMPSON, K., 1998, *Tecnología Post-Cosecha de Frutas y Hortalizas*. Programa de capacitación en Manejo Pos-Cosecha y Comercialización de frutas y Hortalizas, Convenio SENA. Reino Unido, 261 pp.

WATADA, A.; LING, Q., 1999, Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 5.

YOMMI, A.; DI GEÓNIMO, M.; CARROZZI, L.; QUILLEHAUQUY, V.; GOÑI, M.; ROURA, S., 2013a, Morphological, physicochemical and sensory evaluation of celery harvested from early to late maturity. *Horticultura Brasileira*, 31: 6.

APLICACIÓN DE SENSORES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD Y EL ESTABLECIMIENTO DEL MOMENTO ÓPTIMO DE COSECHA DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Sensor application for determining the quality and to the establishment of optimal harvest time in horticultural products

Belén Diezma Iglesias, Guillermo Moreda Cantero y Margarita Ruiz-Altisent
LPF-TAGRALIA, Dpto. Ingeniería Rural, Universidad Politécnica de Madrid.
E.T.S.I. Agrónomos. Avda. Complutense s/n. 28040 Madrid, España
E-mail: belen.diezma@upm.es

RESUMEN

Los índices de calidad para el establecimiento del momento óptimo de cosecha en campo están asociados a algunos de los procesos de maduración y a atributos sensoriales. Los principales índices de calidad son el color de fondo de la piel, el color de la pulpa, el contenido en almidón, el contenido en sólidos solubles y la firmeza, aunque, en general, por sí solos no permiten el establecimiento de niveles de calidad de los productos, por lo que es habitual plantear una combinación de varios de ellos. En general, son índices de fácil determinación y medibles en campo mediante equipos portátiles (colorímetros, refractómetros, pH-metros, penetrómetros manuales, etc.), sin embargo, muchos de ellos requieren la destrucción del producto, lo que condiciona el número de unidades muestreadas. En las últimas décadas se ha ido avanzando hacia el desarrollo de dispositivos no destructivos para la estimación en campo de alguno(s) de los atributos relacionados con los índices de calidad. En este trabajo, por una parte se revisan los dispositivos sensores no destructivos, portátiles y autónomos para la determinación de parámetros de calidad en campo: espectroscopia VIS y NIR, equipos mecánicos, equipos acústicos; y por otra se presentan las nuevas experiencias en las que el establecimiento del momento óptimo de recolección se basa en la

información recogida a lo largo del tiempo por redes de sensores ambientales (humedad y temperatura principalmente) y de imagen en remoto.

Palabras clave: sensores ópticos, sensores mecánicos, redes de sensores, teledetección, índices de madurez.

ABSTRACT

The quality indexes to establish the optimal harvest times are associated with some of the processes of maturation and sensory attributes. The main quality indexes are the background color of the skin, the flesh color, the starch content, the soluble solids content and the firmness, although, in general, by themselves do not allow the establishment of quality levels products, so it is usual to consider a combination of several of them. In general, are indexes easily measurable by portable devices in the field (colorimeters, refractometers, pH meters, manual penetrometer, etc.). But many of them require the destruction of the product, which determines the number of units sampled. Over the last decades it has been moving towards the development of non-destructive devices for estimation in the field of the attributes related to

the quality indexes. In this work, first we review the non-destructive, portable and autonomous sensing devices, for the determination in field of the quality parameters: VIS and NIR spectroscopy, mechanical and acoustical equipments; and secondly we present new experiences in which establishing the optimal time to harvest is based on information collected over time by environmental sensor networks (mainly temperature and humidity) and remote sensing image.

Keywords: optical sensors, mechanical sensors, sensor networks, remote sensing, ripeness indexes.

INTRODUCCIÓN

La determinación del momento de la recolección es un aspecto crítico en el cultivo de frutas y hortalizas. Numerosos estudios demuestran que el estado de madurez del producto en el momento de la recolección condiciona su vida útil, su calidad organoléptica en consumo y, en su caso, su idoneidad para ser procesado. Los índices de madurez se basan en cambios producidos a nivel fisiológico (respiración y producción de etileno), químico (contenido en clorofilas y otros pigmentos; azúcares solubles; ácidos orgánicos; sustancias pécticas; compuestos fenólicos; compuestos aromáticos), bioquímico (síntesis de enzimas específicas del proceso de maduración) y moleculares (síntesis de ARN mensajeros que codifican enzimas de maduración). Sin embargo, muchos de estos índices son de compleja determinación, siendo destructivos y requiriendo equipos de laboratorio costosos, lo que justifica el esfuerzo invertido desde hace años en establecer para cada especie relaciones robustas entre estos procesos y otros índices de determinación más sencilla, los llamados índices de calidad objetivos. Los índices de calidad están asociados a algunos de los procesos de maduración y a

Simiente 85(1-2):37-54

atributos sensoriales. Aunque hay que constatar que mientras los mecanismos de acumulación de carbohidratos, de degradación de las clorofilas y de la pared celular, y de evolución de compuestos aromáticos, están directamente relacionados con algunos atributos de calidad como el sabor, el color, la textura y el aroma, respectivamente, otros fenómenos como la respiración o la síntesis de etileno no tienen una traducción directa en atributos de calidad. Los principales índices de calidad son el color de fondo de la piel, el color de la pulpa, el contenido en almidón, el contenido en sólidos solubles y la firmeza, aunque, en general, por sí solos no permiten el establecimiento de niveles de calidad de los productos, por lo que es habitual plantear una combinación de varios de ellos; a modo de ejemplo, en la Tabla 1 se incluyen algunos de estos índices (Streiff, 1996; Thiault, 1975; Alique *et al.*, 1984). En general, son índices de fácil determinación y medibles en campo mediante equipos portátiles (colorímetros, refractómetros, pH-metros, penetrómetros manuales, etc.), sin embargo, muchos de ellos requieren la destrucción del producto, lo que condiciona el número de unidades muestreadas, comprometiendo la fiabilidad de las determinaciones dada la alta variabilidad de las variables medidas. En las últimas décadas se ha ido avanzando hacia el desarrollo de dispositivos no destructivos para la estimación en campo de alguno(s) de los atributos relacionados con los índices de calidad. En este trabajo, por una parte se revisan los dispositivos sensores no destructivos, portátiles y autónomos para la determinación de parámetros de calidad en campo: espectroscopia VIS y NIR, equipos mecánicos, equipos acústicos; y por otra se presentan las nuevas experiencias en las que el establecimiento del momento óptimo de recolección se basa en la información recogida a lo largo del tiempo por redes de sensores ambientales (humedad y temperatura principalmente) y de imagen en remoto.

Tabla 1. Índices de recolección y calidad para algunas especies y sus valores recomendados (SS: sólidos solubles, A: acidez titulable, F: firmeza de la pulpa, CA: contenido en almidón, AZ: azúcares totales). *con punzón de 11 mm de diámetro; ** con punzón de 8 mm de diámetro. Adaptado de Streiff, 1996, Thiault, 1975 y Alique et al., 1984.

Especie	Índice	Valores recomendados
Naranja	De inicio de recolección: SS / A	>5,5
Mandarina	De inicio de recolección: SS / A	>5,5
Limón	De inicio de recolección: SS / A	>1,3
Pomelo	De inicio de recolección: SS / A	>3,9
Manzana	De inicio de recolección: IS = F* / SS x CA	0,10 – 0,30
Manzana	De calidad: IT = AZ + 10 x A	Valores altos
Pera	De calidad: IA = [(SS / 2) + 10 x A] / F**	3 – 4,5

Técnicas no destructivas para la determinación de los parámetros de calidad de los productos hortofrutícolas

Durante los últimos 25 años ha habido una intensa actividad investigadora, centrada en el desarrollo de tecnologías rápidas y no invasivas para la estimación de parámetros de calidad de frutas y verduras (Chen y Sun, 1991; Abbott et al., 1997; Studman, 2001; Butz et al., 2005, Ruiz-Altisent et al., 2010). En el reciente artículo de Ruiz-Altisent et al. (2010) estas técnicas no destructivas (ND) se organizan como sigue:

- ✓ Técnicas de espectroscopia e imagen para la determinación de la calidad interna:
 - Espectro en el rango del visible y del infrarrojo cercano y medio
 - Fluorescencia
 - Rayos X
 - Resonancia magnética nuclear (medidas estacionarias y en movimiento)
- ✓ Técnicas de imagen para la determinación de la calidad externa (tamaño y forma; textura superficial; color superficial) y la identificación de defectos
- ✓ Métodos mecánicos para la determinación de la firmeza:
 - Medida de las curvas fuerza-deformación

- Medida de las curvas fuerza-tiempo (impacto)
- ✓ Métodos acústicos para la determinación de la firmeza
- ✓ Sensores químicos:
 - Biosensores
 - Narices electrónicas
- ✓ Redes de sensores

De todas ellas, sólo algunas están disponibles en la actualidad para ser utilizadas en campo, y por tanto para contribuir a la determinación del momento óptimo de recolección de frutas y hortalizas.

Los grandes avances que se han sucedido en la espectroscopia, han permitido que estas técnicas estén siendo ampliamente utilizadas para la inspección y control de calidad de los productos en muchas industrias a nivel comercial, y que se haya dado un paso más adaptando los equipos para su implementación en condiciones de campo. También los sistemas mecánicos y acústicos para la determinación de la firmeza tienen versiones para su uso sobre el fruto en el árbol o en la planta. Estos equipos monitorizan el estado de cada fruto individualmente, incluso identificando y cuantificando las posibles diferencias intra-frutos según la posición de la

superficie del producto en la que se hace la medida. Complementariamente, en los últimos años se han implementado otras tecnologías que monitorizan las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa del aire, insolación, etc.) a lo largo del tiempo en una red de localizaciones espaciales, y que permiten sacar consecuencias globales sobre la evolución del cultivo y el momento de recolección más adecuado en una zona intra-parcelaria. Además, los sistemas de teledetección y los equipos de visión aerotransportados, que permiten la obtención de imágenes de la superficie terrestre, a diferentes resoluciones espaciales (2 - 10 m) y en diferentes rangos del espectro electromagnético (imágenes en el visible, en el infrarrojo medio o en el térmico), también han llegado a relacionarse con parámetros involucrados en la identificación del momento de recolección de algunos cultivos.

Espectroscopia vis y nir y su aplicación en condiciones de campo

La espectroscopia hace uso de las particularidades de la interacción de la radiación electromagnética (luz) con la materia en el rango en que ésta puede ser manejada con lentes (190 a 25.000 nm). Las propiedades de reflectancia de un producto en la región visible (aproximadamente 400 a 780 nm) son percibidos por los seres humanos como el color, que proporciona información sobre los pigmentos presentes en el producto. El color de la piel, como se ha referido anteriormente, es uno de los índices de calidad indicativos del estado de madurez de muchos productos hortofrutícolas, tradicionalmente considerado en la recolección manual y/o establecido mediante procedimientos como cartas de color o colorímetros. Profundizando en la espectroscopia, el estudio de la totalidad del espectro visible, permite establecer relaciones cuantitativas más robustas con los diferentes pigmentos presentes en el producto (antocianinas, carotenoides, clorofila), porque

muchos de estos componentes químicos son sensibles a estrechas bandas del espectro VIS.

La radiación NIR cubre el espectro electromagnético entre 780 y 2500 nm. El producto es irradiado, y la radiación de respuesta, en reflectancia, interactancia o transmitancia, es recogida en forma de un espectro, como porcentaje de la radiación de entrada, o su transformación logarítmica. La propagación, y por tanto el espectro de respuesta, dependen de la absorción por parte de determinados grupos moleculares, así como de su entorno químico, y de las propiedades estructurales de la materia en estudio. Como es bien conocido, ello hace que la técnica resulte en una señal (el espectro) que contiene una extraordinaria complejidad, y que no se relaciona directa y simplemente con la absorción de un determinado compuesto. La reducción de costes de la tecnología registrada a partir de la última década del siglo pasado ha propiciado la aparición de una amplia gama de equipos, tanto para su uso en línea (on-line) como portátiles.

Los procedimientos hoy utilizados para la extracción de la información de los espectros requieren: a) unas medidas de referencia muy bien establecidas (con el menor error posible); b) la capacidad para obtener conjuntos de datos con el rango más amplio posible en la característica perseguida; c) unos sistemas de transformación de los espectros, en su caso, análisis de datos y modelización que hagan uso de procedimientos avanzados, que aseguren la extracción de toda la información, validación interna y medida de la robustez de los modelos. El desarrollo de la espectrofotometría NIR está directamente relacionado con la quimiometría, es decir, con la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos provenientes de la química, que en las técnicas NIR permiten el desarrollo de modelos de estimación mediante el tratamiento de análisis multivariante. Pero los espectros recién adquiridos precisan cierto preprocesado para reducir las variaciones

incontroladas de intensidad, sobre todo las debidas a la dispersión (scattering), de cara a su tratamiento estadístico posterior. Estos preprocesados tienen dos objetivos fundamentales, la mejora de la señal y la condensación de los espectros. La condensación de los espectros consiste en la reducción de la información del espectro a una banda de información o de variables que contienen la mayor parte de la información o la creación de nuevas variables por combinación de las anteriores. Es habitual a partir de estos análisis identificar las longitudes de onda más relacionadas con el parámetro a determinar, que se pueden combinar en forma de índices multispectrales.

La aplicación de las determinaciones espectroscópicas en campo, permite aumentar la población muestral para obtener información suficientemente representativa de la parcela y minimizar los efectos de la variabilidad del proceso de maduración, y hacer el seguimiento de las mismas unidades de producto a lo largo del tiempo. En la bibliografía científica pueden encontrarse abundantes trabajos que refieren los resultados obtenidos en diversas especies, fundamentalmente frutales. La Tabla 2, que no pretende ser exhaustiva, recoge el rango espectral implementado, las medidas de referencia determinadas y los autores de algunos de estos trabajos.

Algunos de los primeros trabajos centrados en fruta de pepita, que implementan

espectrofotómetros portátiles para la adquisición del espectro completo en el rango VIS y/o NIR, (Herold et al., 2005), (Peirs et al., 2005), (Zude et al., 2006), constatan que se produce una alta variabilidad en los patrones espectrales de las medidas adquiridas en un mismo día en diferentes localizaciones de la parcela y del árbol, y que para una misma fruta se verifica una clara variación del patrón espectral a lo largo del tiempo, muy acusada en una de las zonas de absorción de la clorofila (680 - 690 nm), y en las zonas de absorción de los enlaces OH (970, 1450 y 1940 nm), lo que refleja información sobre los cambios del estado del agua y de la concentración de los carbohidratos en la fase pre-climática (Figura 1). Los modelos para la estimación de la fecha óptima de recolección presentan mayores errores (de 5 a 9 días), cuando la predicción se hace con los datos de frutos individuales, que cuando se consideran los datos agrupados, aunque la propia madurez fisiológica (considerada como días hasta fecha óptima de recolección considerada en la región) y madurez respiratoria presentan una desviación típica del mismo orden de magnitud que el error de los modelos de calibración. Se observa también que la bondad de los modelos es dependiente de la variedad. La inclusión de la radiación ultravioleta (UV) se ha contemplado en algunos trabajos (Bertone *et al.*, 2012) en un intento de mejorar la estimación del contenido en clorofila de la piel de variedades de manzana de color rojo.

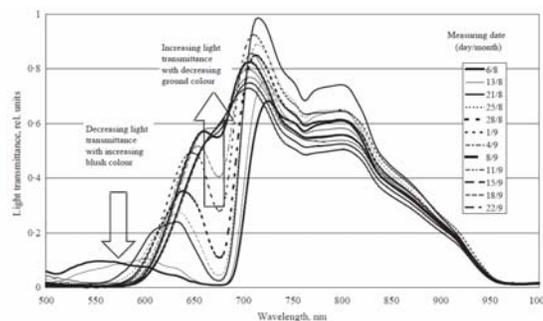


Figura 1. Evolución del patrón espectral en transmitancia de una manzana seguida en árbol a lo largo de su proceso de maduración (Fuente: Herold et al., 2005)



Figura 2. Detalle del pequeño espectrofotómetro, la fibra, y la cabeza de la sonda que se aplica al fruto del equipo implementado en manzana (Fuente: Herold et al., 2005).

También en cítricos se ha evaluado la viabilidad de determinar la fecha de recolección a partir de mediciones espectroscópicas en árbol. La espectroscopia NIR se ha implementado en naranjas como herramienta para estimar los sólidos solubles y establecer la fecha de recolección (Zude *et al.*, 2008) con el objetivo de contribuir a un sistema de agricultura de precisión identificando zonas de manejo uniforme dentro de las parcelas estudiadas

(Figura 3). Para ello se propone un procedimiento para corregir los efectos que se introducen en el espectro debido a las condiciones cambiantes de luminosidad y temperatura que se dan en las condiciones de campo. En mandarinas se han obtenido buenas estimaciones del índice de madurez sólidos solubles/acidez titulable, directamente utilizado para decidir la fecha de recolección.

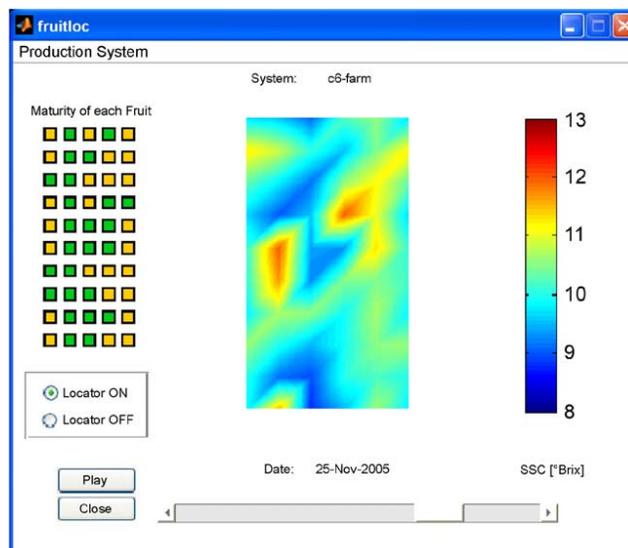


Figura 3. Mapa de estimación de sólidos solubles mediante espectroscopia NIR (Fuente: Zude et al., 2008).

Las características de calidad de la uva en el momento de la recolección condiciona la calidad de vino, por lo que durante décadas se ha buscado definir índices que permitan clasificar los frutos y estimar la fecha óptima de recolección para alcanzar un vino con las mejores características organolépticas. Son abundantes los índices de maduración químicos que se basan en la determinación analítica de los compuestos más característicos que aumentan o disminuyen durante la maduración de la uva, siendo entre ellos los más significativos y fáciles de medir, la riqueza de azúcares y la concentración de los ácidos. La “madurez polifenólica” es algo más complicada de evaluar y se basa en la relación del contenido en compuestos fenólicos y su capacidad de extracción. Es importante que el racimo esté polifenólicamente maduro porque la dotación

polifenólica no puede corregirse. Son numerosas las investigaciones llevadas a cabo para determinar mediante técnicas espectroscópicas no destructivas el contenido en azúcares, la acidez y los polifenoles en uvas de todo el mundo, pero menos frecuentes son los trabajos llevados a cabo directamente sobre las cepas en fechas próximas a la vendimia (Figura 4). Estos trabajos, en general, han obtenido resultados aceptables en la estimación de sólidos solubles (con coeficientes de determinación en torno al 0,9), pero más discretos en la estimación de antocianinas, ácidos y polifenoles (Larrain et al., 2008; Menessati et al., 2007; Blanco et al., 2009; Guidetti et al., 2008). En estos trabajos se ha tratado de identificar factores interferentes que puedan condicionar la robustez de los modelos, así Larrain et al. (2007) identificaron el efecto del polvo sobre la superficie de las bayas.



Figura 4. Espectrofotómetro portátil NIR de la casa comercial BRIMROSE en aplicación en viña (Fuente: Blanco et al., 2009)

Aproximaciones similares, con la implementación de espectrofotómetros NIR basados en diferentes principios de utilización (MEMS y arrays de fotodiodos fundamentalmente) se han centrado en otros productos como nectarinas (Pérez-Marín et al., 2009) y ciruelas (Pérez-Marín et al., 2010).

Hasta aquí se han presentado trabajos en los que se implementan espectrofotómetros que registran el espectro completo a partir del cual se han de generar los modelos de predicción de los diferentes parámetros de calidad. Sin embargo, la transferencia de la tecnología a los productores requiere del desarrollo de equipos baratos, con modelos robustos capaces de dar al usuario una lectura comprensible del parámetro que se está estimando. En la actualidad no hay en el mercado muchos equipos que satisfagan estos condicionantes, aunque pueden citarse algunos modelos.



Figura 5. DA-meter de la empresa italiana TR Turoni

El DA-meter, comercializado por la empresa italiana TR Turoni, y desarrollado y patentado por el profesor Costa y su equipo de la Universidad de Bolonia, es un equipo portátil que establece la madurez de la fruta en función de un índice basado en la diferencia en absorción entre dos longitudes de onda próximas al pico de absorción de la clorofila-a (670 y 720 nm, I_{AD}) (Ziosi et al., 2008). Cada especie y cultivar tiene unos valores específicos de I_{AD} a lo largo de las diferentes fases de maduración. Se han ilustrado aplicaciones del DA-meter en frutas de hueso (Infante *et al.*, 2011); (Bonora *et al.*, 2013), en frutas de pepita

(Nyasordzi et al., 2012), en kiwi (Costa et al., 2011).

Recientemente la compañía americana Felix Instruments (<http://www.felixinstruments.com>), filial de CID Bio-Science, Inc., ha lanzado al mercado el equipo manual portátil "F-750" (Figura 6) basado en la espectroscopía NIR, para la estimación del contenido en sólidos solubles y la materia seca y la evaluación del color de la piel; equipado con GPS permite la realización de mapas de las parcelas supervisadas. Aunque todavía no hay experiencias de utilización publicadas que avalen su potencial.



Figura 6. Imagen comercial del equipo "F-750 Handheld Brix & Dry Matter Meter" de la compañía Felix Instruments, Inc. (Fuente: <http://www.felixinstruments.com>).

equipo Multiplex® (FORCE-A, Francia) (Figura, 7), indicado para la determinación de los polifenoles constitutivos e inducidos y de la clorofila mediante la tecnología de fluorescencia

por aplicación de estimulación múltiple para medir los distintos componentes de la piel de las bayas (Ghozlen et al., 2010).



Figura 7. Equipo Multiplex ® para estimación de parámetros de maduración en uva (Fuente: Ghozlen et al., 2010).

Tabla 2. Aplicación de las determinaciones espectroscópicas en campo para establecer parámetros relacionados con el momento óptimo de cosecha. Se indica el producto, el rango espectral utilizado, la metodología de análisis de datos y/o índices espectrales aplicados, los parámetros determinados y los autores de cada trabajo.

Especie	Rango espectral	Índices espectrales propuestos ó análisis multivariantes aplicados	Determinaciones de referencia	Autores
Manzana	500 – 1000 nm	<p>Índice clorofila normalizado: $I_{Nchl} = (R_{760} - R_{695}) / (R_{760} + R_{695})$</p> <p>Índice de antocianinas normalizado: $I_{NA} = (R_{760} - R_{570}) / (R_{760} + R_{570})$</p> <p>Red-edge: longitud de onda en la que se hace 0 la segunda derivada del espectro</p>	Fecha de recolección: Sólidos solubles Penetración M-T Almidón	Herold et al., 2005
	380 – 2000 nm	Regresiones PLS	Fecha de recolección: Madurez fisiológica Madurez respiratoria Índice de Streif	Peirs et al., 2005
	400 – 1100 nm		Fecha de recolección: Sólidos solubles	Zude et al., 2006
	340 – 800 nm 800 – 2500 nm	Regresión PLS Algoritmo genético	Fecha de recolección: Sólidos solubles Contenido en almidón	Bertone et al., 2012

			Clorofila en la piel	
	DA-meter	I _{AD}	Almidón Firmeza Sólidos solubles Acidez	Nyasordzi et al., 2013
Naranja	450 – 1100 nm	Regresión PLS	Fecha de recolección: Sólidos solubles	Zude et al., 2008
Mandarina	1600 – 2400 nm	Regresión PLS	Fecha de recolección: Sólidos solubles Color de la piel Acidez	Sánchez et al., 2013
Nectarinas	1600 – 2400 nm 400 – 1700 nm	Regresión PLS	Fecha de recolección: Sólidos solubles Firmeza	Pérez-Marín et al., 2009
Ciruela	1600 – 2400 nm 400 – 1700 nm	Regresión PLS Modelos de clasificación PLS-DA	Fecha de recolección: Sólidos solubles Firmeza	Pérez-Marín et al., 2010
	DA-meter	I _{AD}	Sólidos solubles Color de la piel Firmeza	Infante et al., 2011
Melocotón	DA-meter	I _{AD}	Fecha de recolección: Sólidos solubles Firmeza Acidez	Bonora et al., 2013
Uva	400 – 1000 nm	Regresión PLS	Fecha de recolección: Concentración azúcares Ácidos totales Potencial en antocianina Índice de maduración (azúcares/ácidos)	Menessati et al., 2007
	1100 - 2300 nm	Regresión PLS	Fecha de recolección: Sólidos solubles Antocianinas	Larrain et al., 2008
	450 – 980 nm	Regresión PLS	Fecha de recolección: Índice fenólico Sólidos solubles Acidez Contenido en antocianinas y polifenoles	Guidetti et al., 2008
	1100 – 2300 nm	Regresión PLS	Sólidos solubles	Blanco et al., 2009
	Multiplex®	Fluorescencia en las bandas de R y B	Antocianinas en la piel	Ghozlen et al., 2010
Kiwi	DA-meter	I _{AD}	Fecha de recolección: Sólidos soluble Materia seca Color de la pulpa	Costa et al., 2011

Dispositivos mecánicos portátiles

El desarrollo de técnicas mecánicas no destructivas, principalmente para la estimación de la firmeza, han proporcionado una alternativa a la penetrometría Magness-Taylor. Estas técnicas mecánicas se basan en a) la medición de variables extraídas de las curvas fuerza-deformación en ensayos cuasi-estáticos, b) el análisis de las fuerzas que constituyen la respuesta a impactos de baja intensidad, c) la medición de la respuesta acústica a un impacto de baja intensidad.

Mediante la aplicación de una pequeña fuerza con un émbolo metálico se genera una deformación tal a la fruta que no causa ningún daño, la curva de fuerza - deformación se puede registrar utilizando un elemento analógico (muelle) o un sensor piezoeléctrico colocado en la parte trasera del émbolo de compresión. Esta técnica no destructiva (también conocida como micro-deformación) ha llevado al desarrollo de varios dispositivos de fuerza-deformación. En la Figura 8 se incluyen algunos de los dispositivos portátiles basados en este principio de determinación de firmeza de los frutos.

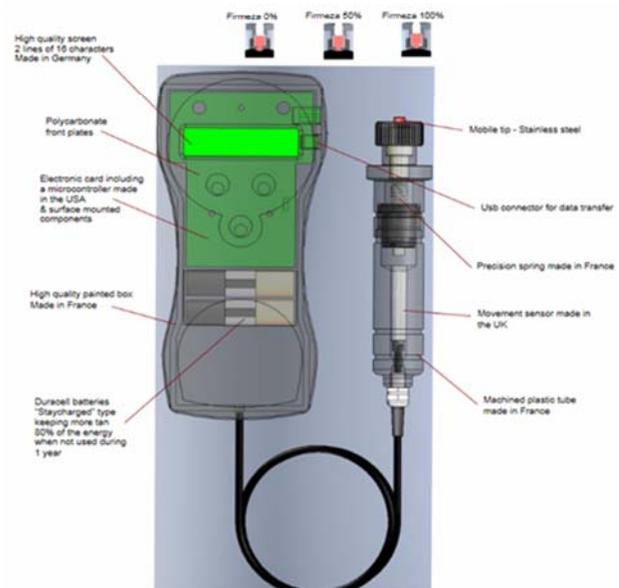
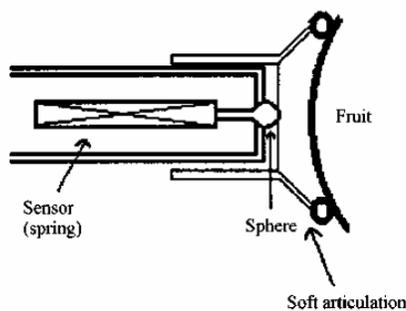


Figura 8. Sensor de micro-deformación desarrollado por Cemagref (izquierda; fuente: Steinmetz et al., 1996). Dispositivo comercial Durofel (derecha; fuente: <http://www.agro-technologie.es/durofel-spanish.htm>).

Hay varios principios subyacentes en los sensores de impacto, tales como golpear la fruta con algún elemento que incluye el sensor o provocar el impacto de la fruta sobre una superficie con una célula de carga. Los dispositivos con potencialidad para ser usado en árbol/planta de modo portátil corresponden a los del primer tipo. Chen et al. (2000) desarrollaron un sensor de impacto lateral, que

consiste en un pequeño brazo con movimiento lateral que impacta la fruta con una cabeza semi-esférica. Un acelerómetro piezoeléctrico situado en esta cabeza estima la firmeza del fruto. Slaughter et al. (2009) perfeccionaron un dispositivo portátil con el mismo principio de funcionamiento para la determinación de la firmeza en frutos; obtuvieron muy buenos resultados en peras.

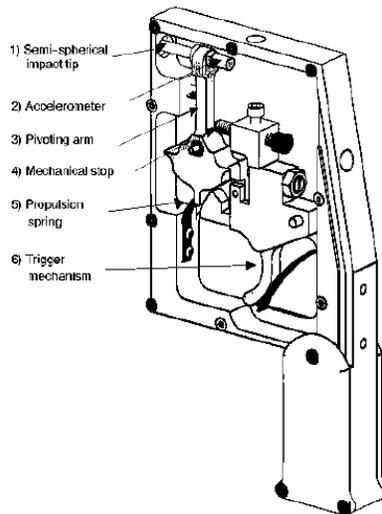


Figura 9. Dispositivo impactador manual portátil para estimación de firmeza en frutos (Fuente: Slaughter et al., 2009)

Desde los años 90 han ido surgiendo trabajos de investigación centrados en analizar la respuesta acústica y vibracional de los productos hortofrutícolas como técnica no destructiva para determinar sus características internas, fundamentalmente la firmeza de la pulpa. En estas técnicas, el producto es excitado mediante pequeños impactos, y la respuesta acústica (entre 20 y 20.000 Hz) es registrada mediante

micrófonos, sensores piezoeléctricos y vibrómetros láser. El sistema para generar el impacto y un par de micrófonos se han integrado en varios modelos portátiles que se han utilizado en frutos tan diferentes como sandías (Sugiyama et al., 1998) y mangos (Figura 10. Sugiyama et al., 2005), manzanas (Landahl et al., 2001) o peras (De Belie et al., 2000).

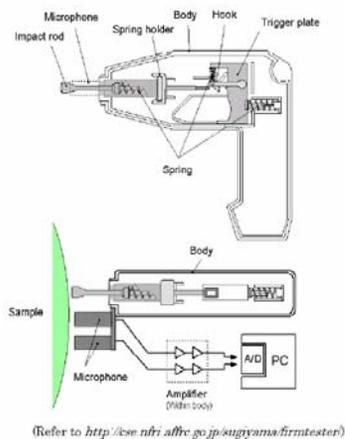


Figura 10. Dispositivo portátil para estimación de firmeza a partir de la respuesta acústica del producto (Fuente: Sugiyama et al., 2005).

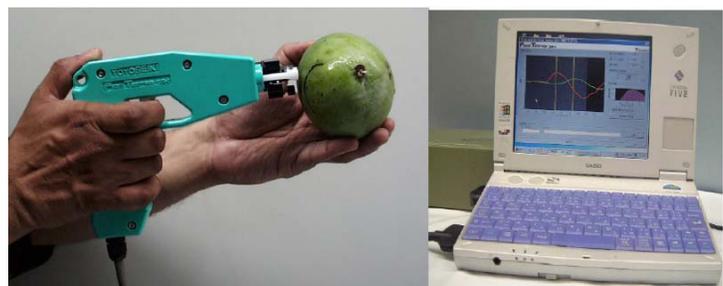


Fig.2 Determination of transmission velocity of 'Keitt' mangoes by using 'Firm Tester' attached with a PC

Un intento de combinación de parámetros para tomar una decisión en campo

La complejidad de la determinación del estado de madurez en los frutos ha conducido a formular índices compuestos y ha dirigido el desarrollo de algunos equipos con la vocación de integrar distintos parámetros de calidad. Durante los primeros años del siglo, 5 instituciones europeas (Cemagref, Apofruit, Verhaert, ATB y KUL), financiadas mediante un proyecto europeo, idearon un dispositivo con

forma de guante "Glove", instrumentado con sensores miniaturizados para obtener información sobre la calidad de las frutas: contenido en sólidos solubles, firmeza, color y calibre. Así, un espectrofotómetro permite estimar los °Brix y el color, un sensor acústico la firmeza, y un potenciómetro instalado para medir la apertura de la mano. Todos estos sensores se acoplan a un microprocesador que muestra la información sobre las características de los frutos (Figura 11).

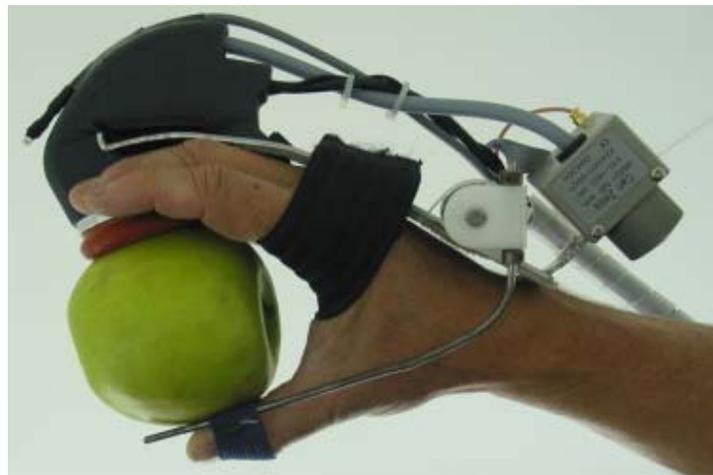


Figura 11. Dispositivo "Glove" para la determinación de °Brix, firmeza, color y calibre de frutas (Fuente: <http://www.irstea.fr>)

Monitorización de las condiciones ambientales mediante distribución de sensores

Una red de sensores inalámbrica (WSN) está conformada por un número elevado de pequeños nodos con cierta capacidad computacional, de comunicación y de medida (Akyildiz et al., 2002). Los nodos se distribuyen en la parcela en estudio y cada uno es responsable de aportar los datos de las variables que se supervisan (temperatura, humedad relativa, luminosidad, presión, etc.), procesando, en su caso, y enviando estos datos a través de uno o más nodos sumideros, que se ocupan de la transmisión de los datos al usuario final.

Los recientes perfeccionamientos de las tecnologías implicadas en las redes de sensores inalámbricos (transductores, sistemas de transmisión de datos, sistemas de alimentación), posibilitan la mejora de los procedimientos para la definición de los modelos de cultivo, tradicionalmente basados en la experiencia, la toma de unas pocas medidas y/o la observación de los agricultores. Con el despliegue de las redes de sensores, el registro de las diversas variables involucradas en los procesos del cultivo puede completarse con múltiples localizaciones, a altas frecuencias de muestreos y en periodos prolongados de tiempo.

En los últimos años las redes de sensores inalámbricos, las tecnologías de la información y la comunicación y las técnicas de minería de datos y análisis multivariante se han explotado en cultivos como la viña para establecer el momento óptimo de vendimia. Así, Fernández (2012) ha establecido una metodología para la predicción de variables de la uva y de los mostos a partir de las series espacio-temporales de datos de la vid, el suelo y el entorno: humedad y temperatura del suelo a diferentes

profundidades, la humedad y la temperatura de la vegetación de la planta, la radiación solar recibida, etc (Figura 12). Estos datos, junto con otros como las características del suelo donde se desarrollan las plantas, se almacenan en una base de datos para iniciar el proceso de minería de datos y análisis multivariante que permite establecer los algoritmos para estimar los índices que determinan el momento óptimo de vendimia, como el grado alcohólico, la acidez, etc.



Figura 12. Sensor de radiación conectado a un nodo inalámbrico en la supervisión de las condiciones de cultivo de una viña (Fuente: Fernández, 2012)

Teledetección para estimar momento óptimo de cosecha

El concepto de teledetección, *remote sensing* en inglés (RS), es un término genérico que refiere a la acción de adquirir datos a cierta distancia; esta definición, extremadamente básica, implica que desde el ojo humano hasta los radares caigan dentro de ella. Centrando un poco más, los dispositivos entendidos como de RS han de ser capaces de detectar la energía radiante emitida por los objetos, ya sea energía acústica o electromagnética, y dar información espacial, temporal y espectral de esos objetos. Así, los dispositivos de RS terrestres, aéreos o satelitales son potenciales herramientas para

elaborar estimaciones espaciales sobre el estado sanitario, el vigor o la producción superficial de los cultivos (Usha et al., 2013). Para la generación de las imágenes de teledetección se implementan diferentes tipos de equipos: cámaras térmicas, cámaras RGB, escáneres multiespectrales, sistemas de imagen satelitales, etc.

Como en apartados anteriores, es la viña el cultivo para el que mayores expectativas han despertado las tecnologías de teledetección para establecer relaciones con los parámetros de calidad vinculados al momento óptimo de cosecha.

Lamb et al. (2004), relacionaron las imágenes multispectrales aéreas (450 nm, 550 nm, 650 n, y 770 nm) adquiridas con resoluciones espaciales equivalentes a la distancia entre líneas, con las propiedades de las bayas relativas a fenoles totales y color de piel. Trought et al. (2011) introdujeron las imágenes aéreas de la densidad

de vegetación junto con otras determinaciones locales, en diferentes momentos a lo largo de la campaña, para tratar de generar un conocimiento que permita entender de forma integrada la evolución temporal y espacial de una viña de cara a optimizar el manejo de la cosecha.

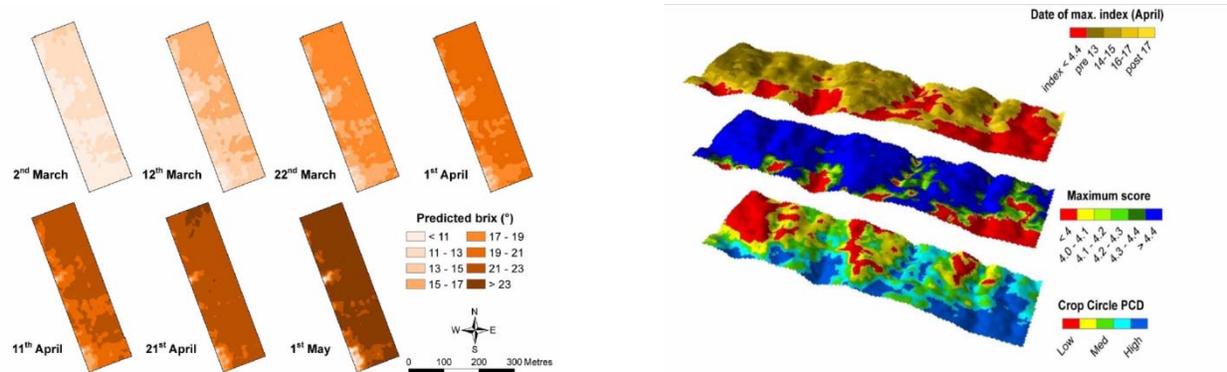


Figura 13. Mapas de diferencias espaciales y temporales de sólidos solubles en viña (izquierda); Mapas de acidez y vigor con representación de elevación (derecha) (Fuente: Trought et al., 2011)

LITERATURA CITADA

AKYILDIZ, I.F.; SU, W.; SANKARASUBRAMANIAM, Z.; CAYIRCI, E. 2002. A survey on sensor networks. IEEE Communications Magazine, 102-114, Agosto.

BERTONE, E.; VENTURELLO, A.; LEARDI, R.; GEOBALDO, F. 2012. Prediction of the optimum harvest time of 'Scarlet' apples using DR-UV-Vis and NIR spectroscopy. Postharvest Biology and Technology 69:15-23.

BLANCO, R.; ARAZURI, S.; DIEZMA, B.; GARCÍA-RAMOS, F.J. 2009. Aplicación de tecnología NIR portátil a la estimación en parcela de la concentración de azúcares en uva. V Congreso Nacional y II Congreso Ibérico AgroIngeniería.

BONORA, E.; NOFERINI, M.; VIDONI, S.; COSTA, G. 2013. Modeling fruit ripening for improving peach homogeneity in planta. Scientia Horticulturae 159:166-171.

COSTA, G.; BONORA, E.; FIORI, G.; NOFERINI, M. 2011. Innovative non-destructive device for fruit quality assessment. Acta Horticulturae 913:575-581.

DE BELIE, N.; SCHOTTE, S.; LAMMERTYN, J.; NICOLAI, B., DE BAERDEMAEKER, J. 2000. Firmness Changes of Pear Fruit before and after Harvest with the Acoustic Impulse Response Technique. J. agric. Engng Res., 77 (2): 183 -191.

FERNÁNDEZ, R. 2012. Utilización de redes de sensores inalámbricas y técnicas de aprendizaje automático para la obtención de conocimiento útil en entornos vitivinícolas. Tesis Doctoral. Universidad de la Rioja.

GHOZLEN, N.M.B.; CEROVIC, Z.G.; GERMAIN, C.; TOUTAIN, S.; LATOUCHE G. 2010. Non-Destructive Optical Monitoring of Grape Maturation by Proximal Sensing. *Sensors* 10:10040-10068.

GUIDETTI, R.; BEGHI, R.; BODRIA, L. 2008. Evaluation of Chiavennasca grape technological and phenolic ripening indexes by a portable VIS-NIR device. International Conference on Agricultural Engineering AgEng2008. Crete, Greece.

HEROLD, B.; TRUPPEL, I.; ZUDE, M.; GEYER, M. 2005. Spectral Measurements on "Elstar" Apples during Fruit Development on the Tree. *Biosystems Engineering* 91:173-182.

INFANTE, R.; CONTADOR, L.; RUBIO, P.; MESA, K.; MENESES, C. 2011. Non-destructive monitoring of flesh softening in the black-skinned Japanese plums "Angeleno" and "Autumn beaut" on-tree and postharvest. *Postharvest Biology and Technology* 61:35-40.

LAMB, D.W.; WEEDON, M.M.; BRAMLEY, R.G.V. 2004. Using remote sensing to predict grape phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard: Timing observations against vine phenology and optimising image resolution. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10: 46-54.

LANDAHL, S.; JANCSÓK, P.T.; DE BAERDEMAEKER, J. 2003. Firmness of developing apples on the tree and shortly after harvest measured with the acoustic impulse response technique. *Acta Horticulturae* 600:63-70.

LARRAIN, M.; GUESALAGA, A.M.; AGOSÍN, E. 2008. A Multipurpose Portable Instrument for Determining Ripeness in Wine Grapes Using NIR Spectroscopy. *IEEE Transactions on instrumentation and measurements*. Vol 57, nº 2. February.

MENESATTI, P. 2007. In-field spectrophotometric measurement to estimate maturity stage of wine grapes. *Optics for Natural Resources, Agriculture and Foods II*. Edited by Yud-Red Chen, George E. Meyer, Shu-I Tu. Proc. Of SPIE Vol. 6761, 676118-1.

NYASORDZI, J.; FRIEDMAN, H.; SCHMILOVITCH, Z.; IGNAT, T.; WEKSLER, A.; ROT, I.; LURIE, S. 2012. Utilizing the IAD index to determine internal quality attributes of apples at harvest and after storage. *Postharvest Biology and Technology* 77:80-86.

PEIRS, A.; SCHENK, A.; NICOLAI, B.M. 2005. Effect of natural variability among apples on the accuracy of VIS-NIR calibration models for optimal harvest date predictions. *Postharvest Biology and Technology* 35:1-13.

PÉREZ-MARÍN, D.; PAZ, P.; GUERRERO, J.E.; GARRIDO-VARO, A.; SÁNCHEZ, M.T. 2010. Miniature handheld NIR sensor for the on-site non-destructive assessment of post-harvest quality and refrigerated storage behavior in plums. *Journal of Food Engineering* 99:294-302.

PÉREZ-MARÍN, D.; SÁNCHEZ, M.T.; PAZ, P.; SORIANO, M.A.; GUERRERO, J.E.; GARRIDO-VARO, A. 2009. Non-destructive determination of quality parameters in nectarines during on-tree ripening and postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 52:180-188.

SLAUGHTER, D.C.; RUIZ-ALTISENT, M.; THOMPSON, J.F.; CHEN, P.; SARIG, P.; ANDERSON M. 2009. A handheld, low-mass, impact instrument to measure nondestructive firmness of fruit. *Transactions. of the ASABE*. 52(1): 193-199.

STEINMETZ, V.; CROCHON, M.; BELLON-MAUREL, V.; GARCIA-FERNANDEZ, J.L.; BARREIRO-ELORZA, P.; VERSTREKEN, L. 1996. Sensors for fruit firmness assessment: comparison and fusion. *Journal of Agricultural Engineering Research* 64 (1): 15-27.

SUGIYAMA, J.; KATSURAI, T.; HONG, J.; KOYAMA, H.; MIKURIYA K. 1998. Melon ripeness monitoring by a portable firmness tester. *Transactions ASAE* 41:121-127.

SUGIYAMA, J.; AL-HAQ, M.I.; TSUTA, M. 2005. Application of Portable Acoustic Firmness Tester for Fruits. *FRUTIC* 05, 12 - 16 September 2005, Montpellier, France.

TROUGHT, M.C.T.; BRAMLEY, R.G.V. 2011. Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: characterising spatial and temporal changes in fruit composition and juice quality in the vineyard *Australian Journal of Grape and Wine Research* Volume 17, Issue 1, 79-89.

USHAA, K.; SINGHB, B. 2013. Potential applications of remote sensing in horticulture— A review. *Scientia Horticulturae* 153: 71-83.

ZIOSI, V.; NOFERINI, M.; FIORI, G.; TADIELLO, A.; TRAINOTTI, L.; CASADORO, G.; COSTA G. 2008. A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology* 49:319-329.

ZUDE, M.; PFLANZ, M.; KAPRIELIAN, C.; AIVAZIAN, B.L. 2008. NIRS as a tool for precision horticulture in the citrus industry. *Biosystems Engineering* 99:455-459.

ZUDE, M.; HEROLD, B.; ROGER, J.M.; BELLON-MAUREL, V.; LANDAHL, S. 2006. Non-destructive tests on the prediction of apple fruit flesh firmness and soluble solids content on tree and in shelf life. *Journal of Food Engineering* 77:254-260.

MÉTODOS DE COSECHA Y PREPARACIÓN DE HORTALIZAS PARA LA INDUSTRIA DE IV Y V GAMA

Harvesting methods and conditioning for vegetables destined to the IV and V gamma industry

Carlos Inestroza-Lizardo, Hector Gomez-Gomez, Eleazar Túrcios R.

Universidad Nacional de Agricultura. Departamento de Producción Vegetal. PO Box 09, Barrio el Espino, Catacamas, Honduras. Sitio web: www.unag.edu.hn; www.hortyfresco.cl
E-mail: cinestrozalizardo@gmail.com

RESUMEN

Las frutas y hortalizas son productos que se destacan por ser perecibles y por la importancia que tiene la apariencia de fresca en su calidad. Ésta es afectada por factores precosecha y postcosecha. La postcosecha de productos hortícolas frescos enteros, comienza con la cosecha y deseablemente termina con el consumo. Sin embargo, debido a la senescencia, accidentes (daño por frío o por congelamiento) o a la acción de microorganismos patógenos, muchas hortalizas no llegan a ser consumidas, ni utilizadas como materia prima en la elaboración de otros productos. Siendo que, la postcosecha de las hortalizas se lleva a cabo principalmente en condiciones controlables.

Este documento revisa los métodos de cosecha utilizados en hortalizas y las etapas postcosecha relacionadas con el lavado, transporte control de calidad y enfriamiento, visualizando la conservación de la calidad inicial del producto y la disminución de las pérdidas por un inadecuado manejo postcosecha. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es disponibilizar información técnica que pueda ser usada por empresas productoras y comercializadoras de hortalizas frescas enteras, o de productos de la IV y V gama; y que pueda contribuir a mejorar la competitividad y sustentabilidad de las mismas.

Palabras claves: transporte, productos hortofrutícolas, lavado de hortalizas, enfriamiento.

ABSTRACT

Fruits and vegetables are products that stand out as being perishable and for the importance of the appearance of freshness in their quality. It is affected by pre-harvest and postharvest factors. The postharvest of whole fresh horticultural products, begins with the harvest and ends, desirably, with consumption. However, due to senescence, accidents (chilling injury or freezing) or the action of pathogenic microorganisms, many vegetables are not actually consumed or used as raw material in the preparation of other products. Since the post-harvest of vegetables is carried out mainly in controllable conditions.

This paper reviews the harvest methods used in vegetables and the postharvest stages related to laundering, transportation, quality control and cooling, aiming the conservation of the initial quality of the product and the reduction of losses due to inadequate postharvest handling. Therefore, the objective of this work is provide technical information that may be used by producers and traders of whole fresh vegetables or products of IV and V gamma, and that can

contribute to improving the competitiveness and sustainability of the same.

Keywords: transportation, horticultural products, vegetable washing, cooling.

1. *Productos de la IV y V gama*

Los hábitos alimenticios de la población han cambiado marcadamente en los últimos años. Hoy en día constituyen un fenómeno sensorial, cultural y social; no sólo se espera satisfacción al comer, sino también que contribuya a mejorar la salud y bienestar del consumidor. Además, cada vez es más escaso el tiempo disponible para la preparación de alimentos, por lo que surge de allí una nueva necesidad por productos a base de germinados y hortalizas frescas, limpias, cortadas (picadas, rayadas, etc.) desinfectadas, envasadas en bolsas o tarrinas y listas para su consumo directo en forma de ensaladas o para su cocción (Gómez et al. 2007).

Estos productos tienen una vida útil de 7-10 días y han recibido numerosas denominaciones, según los países y el modo de preparación: en países francófonos se les llama productos cuarta gama (4ème Game) y en países anglosajones se les denomina productos mínimamente procesados en fresco, “minimally processed”; “slightly o partially processed”, listos para su consumo (ready to eat o ready to use) o recién cortados “freshly cut” (Pérez, 2003).

El nombre de IV Gama está relacionado con el nivel tecnológico empleado. La I Gama corresponde a las frutas y hortalizas frescas tradicionales; la II corresponde a las hortalizas en conserva; la III Gama son las hortalizas congeladas y la V Gama son hortalizas cocidas, conservadas y distribuidas en refrigeración, tienen una vida útil de 2-6 meses y están listas para consumir (tras un calentamiento).

El proceso de fabricación de hortalizas de IV y V gama comienza en el campo, donde se cultiva la

materia prima en las mejores condiciones (calidad e inocuidad), por lo tanto, la calidad de un producto de la IV y V gama está condicionada por la calidad de la materia prima.

2. *Cosecha de hortalizas*

La calidad es el factor determinante para el éxito de cualquier programa de comercialización de vegetales frescos enteros o mínimamente procesados. En consecuencia, las actividades involucradas en la cosecha, son el primer paso influyente en la vida postcosecha de un producto vegetal (Kader, 2002; Bartz y Brecht, 2003; Miller, 2003).

Durante la cosecha, son varios aspectos los que se deben considerar para garantizar la calidad inicial de los productos vegetales, entre ellos están: recolectar los productos del campo en la madurez adecuada, con daños mínimos, en horas frescas para evitar altas tasas de respiración y transpiración, y en el menor tiempo como sea posible. Es conveniente el uso de utensilios, equipamientos y estructuras que faciliten esta actividad y que protejan la integridad de los mismos. A la vez, deben ser fáciles de limpiar y desinfectar, para disminuir posibles fuentes de contaminación.

La manipulación debe realizarse de forma cuidadosa, evitando el contacto excesivo durante las actividades involucradas en la cosecha y manteniendo en todo momento un nivel máximo de higiene y limpieza, estos aspectos generalmente se controlan con la aplicación de las buenas prácticas de cosecha (Sánchez *et al.* 2006; Ferreira *et al.* 2004; Casierra-Posada y Aguilar-Avenidaño, 2008). Una manipulación inadecuada y un mal manejo de los productos en el campo, pueden producir daños significativos a los frutos, deteriorando su apariencia y reduciendo su valor comercial.

La cosecha de las hortalizas es realizada mediante dos métodos: manual y mecánico. La elección del método depende principalmente de

las características del producto, el mercado y la dimensión del predio a ser cosechado (Kader, 2002; Brecht, 2003).

2.1. Cosecha manual

La cosecha manual consiste en la separación o remoción del producto desde la planta, o desde el medio de crecimiento, por las manos del operario que realiza la cosecha (Rushing, 2012). Esta técnica es empleada en productos sensibles a daños físicos como la mayoría de las hortalizas y es fundamental para aquellas que son destinadas al mercado de productos frescos. En la actualidad, para realizar esta labor, el trabajador utiliza una serie de instrumentos como tijeras, guantes, cajas y canastas de recolección, navajas y otros, con la finalidad de incrementar el rendimiento y disminuir los daños mecánicos en el producto (Brecht, 2003; Miller, 2003; Ferreira, 2008).

La cosecha manual se fundamenta principalmente en el entrenamiento y la sensibilidad del cosechador, principalmente en los sentidos de visión y tacto. Este entreno debe enfocarse en parámetros específicos característicos del punto de cosecha del producto; por ejemplo, color, textura, tamaño, entre otros; además de las buenas prácticas agrícolas (BPA) y la manipulación del fruto. Como principales ventajas de este método, se destaca la precisión en la determinación del grado de madurez de los productos, una mayor suavidad en el manipuleo que garantiza un menor daño, es posible hacer una preselección según características físicas; además, en algunos casos se puede incrementar la velocidad aumentando el número de trabajadores, permitiendo adaptar la cosecha con el ciclo productivo del cultivo y disminuyendo de esta forma el capital de inversión (Kader, 2002; Miller, 2003; Ferreira, 2008).

Sin embargo, este método tiene algunas desventajas que se agrupan principalmente en la administración del recurso humano. Un ejemplo

concreto es el alto costo de la mano de obra en algunos países, la ausencia de personal entrenado para la cosecha de algunos cultivos específicos que requieren de personal capacitado, solamente se puede ofrecer el empleo durante la temporada de producción y se puede ver afectada por las huelgas de los trabajadores durante el período de cosecha (FAO, 1989; Cortez, et al. 2002; Thompson, 2002; Ferreira *et al.* 2004; Ferreira, 2008).

Azmoodeh-Mishamandani et al. (2014), evaluaron las pérdidas de vainas en la cosecha de maní (*Arachis hypogaea* L.), con el método manual y mecánico, obteniendo 3,5% y 20,2% respectivamente. Sin embargo, Sánchez *et al.* (2006), encontraron que la cosecha de tomate auxiliada con equipamientos mecánicos es más eficiente que el método de cosecha manual tradicional, ya que presenta una mayor productividad por unidad de tiempo.

Ferreira *et al.* (2004), observaron pérdidas de masa de 9% y daños físicos después de 21 días de almacenamiento, en tomates de mesa cv. Débora sometidos a excesiva manipulación producto de una cosecha manual, con respecto a tomates no sometidos a las actividades de cosecha manual. Verificando en este estudio, que la cosecha manual si no se realiza con los debidos cuidados, podría significar una potencial fuente de pérdidas. Por lo que sugiere usar el auxilio de dispositivos mecánicos con el objetivo de disminuir el daño por manipulación.

2.2. Cosecha mecánica

En los últimos años, ha surgido en la horticultura una motivación en los investigadores por tratar de disminuir el costo de cosecha de los vegetales. Argumentando que el método de cosecha convencional es laborioso e ineficiente en términos de economía y productividad por unidad de tiempo, (Li *et al.* 2011a). Para Sanders (2005), la cosecha de productos hortofrutícolas representa entre el 35-45% del costo total de producción. Por lo tanto,

una mejora en la eficiencia ejerce un efecto significativo sobre la viabilidad y la rentabilidad de esta industria, por lo que se ha tratado de encontrar una mayor eficiencia en esta actividad a través del uso de sistemas automáticos de cosecha (Brecht, 2003; Miller, 2003; Ferreira, 2008).

Estos sistemas se caracterizan por el bajo uso de mano de obra y por realizar actividades como el corte de la planta o el desprendimiento del producto desde el medio de crecimiento (suelo o sustrato), la limpieza y/o el empaque del producto mediante el uso de maquinarias (Ferreira, 2008). Existen sistemas de recolección donde se requiere poca participación del operador, hasta los que son totalmente automáticos que requieren una mínima o ninguna intervención humana en su funcionamiento. La utilización de este método está limitada principalmente por la sensibilidad de los vegetales y la poca adecuación de la planta a esa finalidad (Li et al. 2011b). En la actualidad, la cosecha mecánica se utiliza principalmente en vegetales con una maduración homogénea, poca sensibilidad al daño físico y que generalmente son destinados al procesamiento (Brecht, 2003).

Entre las principales ventajas de este método de cosecha se puede mencionar, las altas velocidades de trabajo, mayores comodidades laborales para los operarios y la reducción de problemas asociados con la organización de la mano de obra (Kader, 2002; Brecht, 2003).

Como desventajas se pueden mencionar, el alto costo de su implementación, mayor posibilidad de causar daño físico en los productos, la posibilidad que las innovaciones tecnológicas vuelvan el equipo obsoleto antes de su liquidación y resaltar que la sustitución de la mano de obra por maquinaria puede generar impactos sociales relevantes, como el desempleo de los trabajadores (Cortez et al. 2002; Thompson, 2002; Ferreira, 2008). Sin embargo,

de los sistemas de recolección mecánicos disponibles en la actualidad, ninguno ha sido capaz de reemplazar totalmente la flexibilidad y habilidades de selección de los trabajadores que realizan la cosecha manual. Esto se debe principalmente a que un gran número de productos hortofrutícolas son sensibles a la manipulación; y la apariencia externa junto a la ausencia de defectos son atributos importantes al momento de la comercialización (Brecht, 2003; Ferreira, 2008).

Algunas investigaciones realizadas en cosecha mecanizada, muestran que es posible obtener resultados satisfactorios utilizando esta tecnología, De-An et al. (2011), evaluaron la eficacia de un dispositivo robótico basado en imágenes, para la cosecha de manzanas, encontrando un tiempo promedio de cosecha de 15 segundos por fruto y un 77% de éxito en la cosecha de éstos. Por su parte Hayashi et al. (2010), diseñaron un robot para operar en la noche y superar el problema de la baja eficiencia del personal debido a la poca luminosidad. En las pruebas funcionales del equipo, encontraron que la visión artificial del fruto a cosechar estaba de acuerdo con las evaluaciones humanas. Además, la máquina detectó correctamente el pedúnculo a una tasa de 60%, y el tiempo de ejecución para la cosecha exitosa de una fruta, incluyendo el tiempo necesario para transferir los frutos cosechados a una bandeja fue de 11,5 segundos.

3. Etapas críticas para mantener la calidad de las hortalizas utilizadas en la industria de la IV y V gama.

La capacidad para llevar hortalizas de alta calidad, a la industria de IV y V gama requiere de cuidados que empiezan con las prácticas culturales en el campo, continúan durante la postcosecha y finalizan hasta que el producto es consumido.

En numerosas ocasiones la pérdida de calidad es causada por un manejo grosero del producto

durante y después de la recolección. De allí, que etapas como la cosecha, el transporte, el lavado y la refrigeración son decisivas para mantener la calidad de las materias primas que son utilizadas en esta industria.

3.1 Transporte del campo a la empacadora

El manejo inadecuado del producto, inmediatamente después de la cosecha puede poner en peligro la seguridad de los vegetales. Por ello, el transporte de éstos, del campo a la empacadora y el enfriamiento deben realizarse tan pronto como sea posible. En el caso de hortalizas de hoja, al ser productos que pierden rápidamente su calidad, se recomienda realizar las operaciones antes mencionadas en menos de 90 minutos después de su cosecha (Gil et al. 2015). Pues cuanto mayor sea el tiempo de estos productos en el campo, mayor será el riesgo de pérdida de su valor comercial, el cual se relaciona con descontroles en el tiempo, la temperatura, la humedad y los procesos relacionados con el avance hacia la senescencia y el desarrollo de podredumbres.

Para transportar frutas y hortalizas es necesario controlar principalmente dos factores: la temperatura y el daño físico (Kader, 2002). Respecto al aumento de la temperatura, además de las fuentes externas de calor, el producto tiene una generación interna debido a su actividad metabólica, lo que genera una aceleración en el deterioro y el ritmo de pérdida de agua del producto. Para disminuir este aumento de la temperatura se deben utilizar: vehículos con adecuada ventilación, una estiba de la carga de modo que circule el aire entre los embalajes y a través de ellos y evitar la exposición de estos al sol antes del transporte o de la descarga.

En el caso del daño físico, éste puede producirse por varias razones: manipulación poco cuidadosa del producto; vibración del vehículo, conducción demasiado rápida, mal estado del vehículo y acopio incorrecto de la carga.

En los últimos años se han realizado diferentes investigaciones en las que se ha medido la intensidad de la vibración a la cual son sometidos los frutos durante el transporte y el efecto de la vibración sobre el daño físico y deterioro de la calidad de los vegetales. Prestando especial atención a algunas especies con alto valor comercial y sensibilidad a los daños mecánicos como la papa, manzana, níspero y pera (Barchi et al. 2002; Amer Eissa et al. 2012).

Berardinelli et al. (2005), evaluaron el daño físico ocasionado por la vibración del transporte terrestre, a tres cultivares de peras (Abate, Conference y Decana) y los posibles efectos debido a la posición, dentro de una columna de cajas estivada (inferior, medio y superior). Los porcentajes de frutos dañados fueron 25% para el cultivar Abate, 36% para Conference y 28% para Decana. En cuanto al daño de los frutos, debido al posicionamiento de las cajas no se encontraron diferencias significativas.

Singh y Xu (1993), reportó que hasta el 80% de las manzanas pueden sufrir daño físico durante el transporte terrestre. Tiempo después Amer Eissa et al. (2012), evaluaron el efecto de dos materiales de embalaje (uso de espuma, papel de envoltura y un control sin protección) sobre la vibración y el daño físico de manzanas *Golden Delicious* transportadas vía terrestre por un tiempo de tránsito prolongado. Como resultados encontraron que las manzanas sin material de protección sufrieron las mayores vibraciones, mientras los frutos en los que se usó espuma como protección presentaron las menores. Al mismo tiempo, el porcentaje estimado de lesiones por fruto, fue de 8,49% en el control, 3,59% en los frutos con papel de envoltura y 1,91% en los frutos con espuma, demostrándose que el uso de protectores tiene un efecto significativo en la disminución del daño físico de los frutos. Barchi et al. (2002), evaluaron la intensidad de la vibración en diferentes zonas de un camión y la decadencia en la calidad de

frutos de níspero debido a esas vibraciones. Como resultado encontraron que las vibraciones de los frutos en la posición trasera del camión son 14 veces mayor que en la posición media y superior a 20 veces que la posición delantera. Cerca de 80-100% de los nísperos afectados por la vibración fueron dañados, presentando rayas traslucidas y oscuras en la piel. Un porcentaje menor de la fruta fue dañado debido a la fricción contra las paredes de las cajas. Mientras que no se encontró diferencias en el daño de los frutos en los diferentes niveles de la columna de cajas. Además el uso de amortiguadores de vibración redujo el porcentaje de frutos dañados por aproximadamente 20-40%.

3.2. Recepción y control de calidad

El control de calidad es uno de los aspectos más importantes para lograr la durabilidad y confiabilidad de las hortalizas frescas enteras. Este requiere de una buena planificación, investigación, administración y disciplina, junto con el entrenamiento regular y revisión de los procedimientos, para asegurar productos con características óptimas tanto para el consumo o para el posterior procesado (FAO, 1989; Opara y Pathare, 2014; Li y Thomas, 2014).

La calidad de las frutas y hortalizas frescas enteras esta normalmente regulada por estándares internacionales, que abordan las características específicas para cada producto vegetal. Uno de los estándares más utilizados es el de la oficina de Servicios de Comercialización Agrícola, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), responsable de desarrollar, corregir e implementar estándares de clasificación. Además existen otros estándares que son utilizados para evaluación de los factores de calidad y para un gran número de vegetales, algunas veces se usan en conjunto. También algunos locales de procesamiento o de distribución de vegetales fresco establecen sus propios parámetros internos de calidad, en concordancia entre la industria y el productor,

dependiendo principalmente el destino final de producto (Kader, 2002).

Parámetros de madurez, color, firmeza, forma y tamaño, libre de pudriciones, oscurecimiento interno, desintegración interna, daño por congelación, corazón acuoso, magulladuras, cicatrices, daño por insecto, marchitez, algunos parámetros químicos, daño físico entre otros defectos, son considerados en estos estándares de calidad. Todos aquellos vegetales que no están dentro de los límites permitidos, normalmente no son aceptados o son recibidos a menor precio (necesitando procesos diferentes), significando pérdidas económicas para el productor. Del mismo modo que en las etapas anteriores, en estas operaciones se debe seguir las normas de higiene, en locales condicionados y preferiblemente refrigerados para evitar todo tipo de daños a los vegetales (Kader, 2002; Casierra-Posada y Aguilar-Avenidaño, 2008)

3.3. Lavado y desinfección del producto entero

El lavado es una de las etapas más críticas en la conservación de los productos hortofrutícolas, ya que está íntimamente relacionado con la seguridad y vida útil del producto final. El principal objetivo del lavado es eliminar los restos de suciedad y reducir la carga microbiana presente en la superficie del tejido. Las hortalizas recién cosechadas tienen una carga microbiana inicial relativamente alta que va desde 3-6 unidades logarítmicas formadoras de colonia por gramo de peso fresco ($\log \text{UFC g}^{-1}$) lo que representa una de las principales causas de la pérdida de calidad (Gil et al. 2009; Inestroza-Lizardo y Escalona, 2015).

Un lavado óptimo de hortalizas enteras consta de dos etapas: un primer lavado con agua potable, posiblemente recirculación de agua para eliminar insectos y suciedad y un segundo lavado con un agente sanitizante. Para la aplicación del agente sanitizante se debe tomar en consideración la calidad del agua de lavado utilizada, determinada por el pH, la temperatura, turbidez, carga orgánica, entre

otros (Devlieghere *et al.* 2009). Adicionalmente, el lavado sirve para enfriar el material vegetal (Allende *et al.* 2009; Gil *et al.* 2009). Sin embargo, se recomienda el uso de sanitizantes, ya que si el agua no es la adecuada podría ocasionar contaminación con microorganismos patógenos. Algunos de los agentes sanitizantes que pueden ser utilizados en el lavado y sanitización de las hortalizas son el hipoclorito de sodio, dióxido de cloro, ozono, ácidos orgánicos, ácido peroxiacético, agua electrolizada, peróxido de hidrógeno entre otros (Ölmez y Kretzschmar 2009). Su eficacia contra los microorganismos dependerá del pH, temperatura, concentración de materia orgánica presente en el agua de lavado, características de los productos vegetales, tiempo de exposición, y carga microbiana inicial (Artés *et al.* 2009).

En la actualidad, son varias las investigaciones que demuestran la efectividad de los sanitizantes en la reducción de la carga microbiana de las hortalizas, entre ellas pueden citarse los trabajos realizados por Gómez-López *et al.* (2007), quien logró una reducción cercana a las 2 log UFC g⁻¹ en el recuento de mesófilos en zanahorias cortadas, como resultado de la aplicación de dióxido de cloro (ClO₂) a una concentración de 1,3 mg L⁻¹ durante 30 s. Ukuku (2004), utilizando tratamientos de 25 y 50 mg L⁻¹ de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) con un tiempo de exposición de 5 min, redujo la *Salmonella* spp. en 3 log UFC g⁻¹ en melones enteros almacenados a 5 °C. Inestroza-Lizardo y Escalona (2015), redujeron los recuentos de enterobacterias en 1,3 log UFC g⁻¹ y de microorganismos aerobios mesófilos en 1 log UFC g⁻¹, en hojas de rúcula lavadas con una solución de ClO₂ 5 mg L⁻¹ o H₂O₂ 50 mg L⁻¹ durante 3 min. Además sugieren que ambos sanitizantes pueden ser utilizados en el lavado postcosecha de hojas de rúcula ya que no afectaron la coloración verde durante la conservación refrigerada.

3.4. Enfriamiento rápido y almacenamiento refrigerado

Las pérdidas postcosecha de las hortalizas se estiman en más de un 30% y son causadas generalmente por una mala manipulación y condiciones inadecuadas de almacenamiento (Nyaura *et al.* 2014).

El manejo de la temperatura es la herramienta más efectiva para extender la vida postcosecha de los productos hortofrutícolas frescos. Debido a que es el factor ambiental que más influye en la velocidad de deterioro de los productos cosechados (Kader, 2002). Es por ello, que desde la década de 1920 se vienen utilizando técnicas de enfriamiento para eliminar el calor de campo de los vegetales frescos; basados en el principio de que la vida útil se extiende de 2 a 3 veces por cada 10°C de disminución de la temperatura de la pulpa (Moretti *et al.* 2010). Este proceso ocurre mediante la reducción de la tasa respiratoria y actividad enzimática y se traduce en una reducción de la maduración, manutención de nutrientes, constituyentes antioxidantes y firmeza, inhibición del crecimiento de microorganismos y disminución de la pérdida de agua del vegetal (Gil *et al.* 2015; Moretti *et al.* 2010).

Concretamente, hojas de Amaranto (*Amaranthus dubius*) almacenadas a 5, 10, 15 y 25°C y 75% de humedad relativa, perdieron mayor contenido de ácido ascórbico cuando fueron almacenadas a 25°C (88% de ácido ascórbico en 4 días) en comparación con las muestras almacenadas a 5°C (55% después de 23 días). Al mismo tiempo, la pérdida de beta-caroteno fue ligeramente superior a 25°C que a 5°C. Mientras la tasa respiratoria y el deterioro de las hojas presentó un aumento directamente proporcional a la temperatura de almacenamiento (Nyaura *et al.* 2014).

En cuanto al crecimiento microbiano, el control apropiado de la temperatura durante el almacenamiento y transporte puede prevenir o

retrasar el crecimiento de la mayoría de los microorganismos en las hortalizas. Sin embargo, no los eliminará por completo. Un ejemplo concreto, es el caso de *Listeria monocytogenes* que continúa creciendo lentamente a temperaturas superiores a los 3.8°C; por lo que, las medidas preventivas que garantizan la seguridad de los productos son de vital importancia (Gil et al. 2015).

Por otro lado, Zhuang *et al.* (1997), investigaron el efecto de la temperatura (2, 13 y 23°C) sobre la peroxidación lipídica y el deterioro de botones florales de brócoli durante el almacenamiento postcosecha, encontrando que, el aumento de la temperatura acelera significativamente las pérdidas de clorofila total y proteínas solubles; mientras que el tratamiento a 2°C mantuvo la calidad e impidió cambios en los parámetros de deterioro y peroxidación lipídica. Mostrando además, que existe una relación directamente proporcional entre la peroxidación lipídica y el deterioro durante el almacenamiento postcosecha del brócoli.

Algunas de las técnicas de enfriamiento más populares son: el hidrogenfriado, empacado con hielo, cámara fría, aire forzado, vacío, entre otros. El método a emplear se debe elegir tomando en consideración que las hortalizas presentan grandes variaciones entre especies, variedades e incluso entre individuos. Por lo tanto, algunos productos responden mejor a un método que a otro (Muños-Delgado, 1985). Además, el rango de temperatura ideal para la conservación de un producto, puede no serlo para otro; y una disminución en la temperatura de los vegetales por debajo de su óptimo ocasionaría una serie de desórdenes fisiológicos conocidos genéricamente con el nombre de "daño por frío". Estos desordenes constituyen una de las principales limitantes en la vida comercial de muchos productos hortofrutícolas. De allí, que para la adecuada conservación de un vegetal ya sea para comercialización en el mercado de productos frescos enteros, o como

materia prima para la elaboración de un producto de IV o V gama, es fundamental conocer su temperatura óptima de conservación.

CONCLUSIÓN

La puesta en práctica de un adecuado método de cosecha y posterior manejo postcosecha de los productos hortícolas, afecta directamente la capacidad de llevar al mercado productos de alta calidad y resulta fundamental en la disminución de las pérdidas económicas que se dan, como consecuencia del deterioro de los productos vegetales. El consumidor final recibirá un producto de alta calidad si y sólo si, cada etapa independiente en la cadena de manejo minimiza el daño causado por condiciones inadecuadas de cosecha, transporte, temperatura, pérdida de humedad, contaminación y excesivo tiempo de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco de la red CYTED HORTYFRESCO (113RT0480) "Producción artesanal de hortalizas de IV y V gama: inocuidad y valor funcional".

BIBLIOGRAFÍA

- Allende A, M Gil, M Selma and F López-Gálvez. 2009. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. *International Journal of Food Microbiology*, 134:3-45.
- Amer Eissa A, G Gamaa, F Gomaa and M Azam. 2012. Comparison of package cushioning materials to protect vibration damage to golden delicious Apples. *International Journal of Latest Trends in Agriculture & Food Sciences*, 2 :(1).
- Artés F, P Gómez, E Aguayo, V Escalona and F Artés-Hernández. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology*, 51: 287-296.
- Azmoodeh-Mishamandani A, S Abdollahpoor, H Navid and M Vahed. 2014. Comparing of peanut harvesting loss in mechanical and manual methods. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2:(5) 1475-1483.
- Barchi G, A Berardinelli, A Guarnieri, L Ragni and C Totaro. 2002. Damage to Loquats by Vibration-simulating Intra-state Transport. *Biosystems Engineering*, 82: (3), 305-312.
- Bartz J and J Brecht. 2003. *Postharvest physiology and Pathology of vegetables*. Second Edition, Revised and Expanded University of Florida, Gainesville, Florida, U.S.A. 744 p.
- Berardinelli A, V Donati, A Giunchi, A Guarnieri and L Ragni. 2005. Damage to pears caused by simulated transport. *Journal of Food Engineering*, 66: 219-226.
- Brecht J. 2003. *Harvesting and Handling Techniques* In Bartz, J.; Brecht, J., *Postharvest physiology and Pathology of vegetables* Second Edition, Revised and Expanded University of Florida, Gainesville, Florida, U.S.A. p. 383-412.
- Casierra-Posada F, O Aguilar-Avenidaño. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, 26 (2) 300-307.
- Cortez L, O Braunbeck, L Castro, R Funes and J Cardoso. 2002. Sistemas de Colheita para Frutas e Hortaliças: oportunidades para sistemas semi-mecanizados. *Frutas & Legumes*, 2: (12), 26-29.
- De-An Z, L Jidong, J Wei, Z Ying and C Yu. 2011. Design and control of an apple harvesting robot. *Biosystems Engineering*, 110: 112-122.
- Devlieghere F, I Vandekinderen, B Meulenaer, P Ragaert and J Van Camp. 2009. Decontamination strategies for fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review*, 4:(5) 1-8.
- FAO. 1989. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas (Parte II, Control de calidad, almacenamiento y transporte). Santiago, Chile. 89 p.
- Ferreira M, A Franco, M Nogueira, R Almeida e M Tavares. 2004. Avaliação da Etapa da Colheita em Tomates de Mesa cv. Débora. *Brazilian Journal of Food Technology*, 7: (2), 173-178.
- Ferreira M. 2008. *Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças*. São Carlos, São Paulo, Embrapa Instrumentação Agropecuária, 144 p.
- Gil M, A Allende, F López-Gálvez y M Selma. 2009. ¿Hay alternativas al cloro como higienizante para productos de IV Gama? *Horticultura Internacional*, No. 69.

- Gil M, M Selma, T Suslow, L Jacxsens, M Uyttendaele and A Allende. 2015. Pre- and postharvest preventive measures and intervention strategies to control microbial food safety hazards of fresh leafy vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55:453-468.
- Gómez-López V, F Devlieghere, P Ragaert and J Debevere. 2007. Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. *International Journal of Food Microbiology*, 116:221-227.
- Gómez P, F Artés-Hernández, E Aguayo, V Escalona, F Artés. 2007. Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco. *Phytoma*, 189:124-130.
- Hayashi S, K Shigematsu, S Yamamoto, K Kobayashi, Y Kohno, J Kamata and M Kurita 2010. Evaluation of a strawberry-harvesting robot in a field test. *Biosystems Engineering*, 105: 160-171.
- Inestroza-Lizardo C y Escalona V.H. 2015. Sanitizantes emergentes: una alternativa en la postcosecha de la rúcula. *Agrociencia Uruguay*, 19: 14-23.
- Kader A. 2002. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Tercera edición. Pub 3311. Universidad de California, 571 p.
- Li P, S Lee, H Hsua. 2011a. Review on fruit harvesting method for potential use of automatic fruit harvesting systems. *Procedia Engineering*, 23: 351-366
- Li Z, P Li, J Liu. 2011b. Physical and mechanical properties of tomato fruits as related to robot's harvesting. *Journal of Food Engineering*, 103: 170-178
- Li L and Thomas. 2014. Quantitative evaluation of mechanical damage to fresh fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 35:138-150.
- Miller A. 2003. Harvest and Handling Injury: Physiology, Biochemistry, and Detection. En Bartz J and J Brecht. *Postharvest physiology and Pathology of vegetables Second Edition, Revised and Expanded University of Florida, Gainesville, Florida, U.S.A.* p. 177-382.
- Moretti C, L Mattos, A Calbo and S Sargent. 2010. Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review. *Food Research International*, 43: 1824-1832.
- Muños-Delgado J. 1985. Refrigeración y congelación de alimentos vegetales. *Fundación Española de la Nutrición*. 88 p.
- Nyaura J, D Sila and W Owino. 2014. Postharvest stability of vegetable amaranthus (*Amaranthus dubius*) combined low temperature and modified atmospheric packaging. *Food Science and Quality Management*, v 30.
- Ölmez H and U Kretzschmar. 2009. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *Food Science and Technology*, 42:686-693.
- Opara U and P Pathare. 2014. Bruise damage measurement and analysis of fresh horticultural produce - A review. *Postharvest Biology and Technology*, 91: 9-24.
- Pérez LE. 2003. Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad Blanquilla) mínimamente procesada. [Tesis doctoral]. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia. 341 p.

Rushing J. 2012. Mejorando la Seguridad y Calidad de Frutas y Hortalizas Frescas: Un Manual de Capacitación para los Capacitadores. Universidad de Maryland, 320 p.

Sanders K. 2005. Orange Harvesting Systems Review. *Biosystems Engineering*, 90 (2): 115-125

Singh S and M Xu. 1993. Bruising in apples as a function of truck vibration and packaging. *Applied Engineering in Agriculture*, 9:(5), 455-460.

Thompson J. 2002. Sistemas de Cosecha. En Kader A. Tercera edición. *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. p 73-76.

Ukuku D. 2004. Effect of hydrogen peroxide treatment on microbial quality and appearance of whole and fresh-cut melons contaminated with *Salmonella* spp. *International Journal of Food Microbiology*, 95:137-146.

Zhuang H, D Hildebrand and M Barth. 1997. Temperature influenced lipid peroxidation and deterioration in broccoli buds during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 10: 19-58.

FIGURAS



Figura 1. La cosecha manual, presentada aquí en tomates, es el principal método de cosecha de los productos hortofrutícolas en Honduras.

Foto: Fundación hondureña de investigación agrícola (FHIA).



Figura 2. Pepinos en zona de recepción, listos para ser caracterizados.

Foto: Fundación hondureña de investigación agrícola (FHIA).

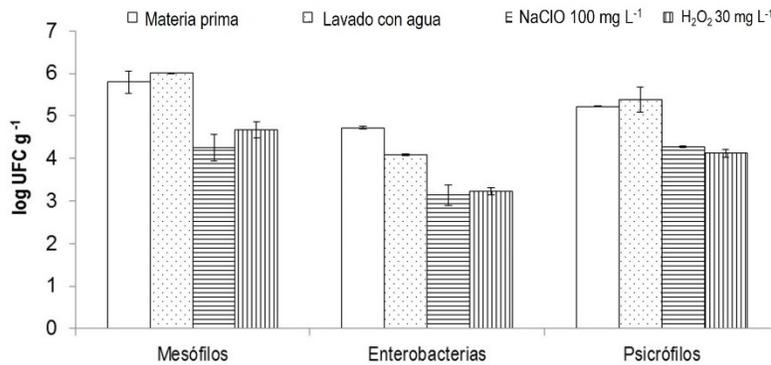


Figura 3. Carga microbiológica (log UFC g⁻¹) en hojas de rúcula lavadas con agua potable y soluciones sanitizantes a 5 °C.

Fuente: Inestroza-Lizardo, 2011

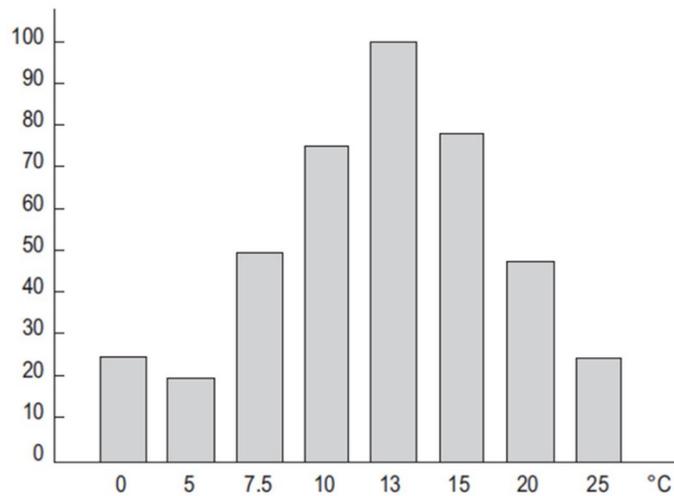


Figura 4. Vida útil de pepinos en relación a la temperatura de almacenamiento.

Fuente: Kader, 2002.

