



Poscosecha y Buenas Prácticas de Producción orientadas a la Agricultura Familiar

Módulo 2



Fisiología y bioquímica de poscosecha.

Estructura y composición de las frutas y hortalizas. Composición química y valor nutritivo de los vegetales. Desarrollo fisiológico. Maduración organoléptica de las frutas. Transformaciones químicas durante la maduración. Frutos climatéricos y no climatéricos. Respiración, transpiración y síntesis de Etileno. Efecto sobre las frutas y hortalizas. Factores que afectan a los productos agrícolas cosechados.

2

Estructura y composición de las frutas y hortalizas

El consumo de frutas, hortalizas y verduras nos aporta una dieta variada, equilibrada y con grandes beneficios para la salud; que permiten mejorar la calidad de vida para vivir más y mejor.

Las frutas, hortalizas y verduras son alimentos bajos en calorías, de elevado contenido en agua (más alto en algunas frutas donde supera el 90%) y buenas aportaciones en fibra, vitaminas o minerales. También aportan hidratos de carbono, sobre todo almidón y fécula de fácil digestión.

Reconocidos como una de las grandes fuentes de nutrientes a nuestro organismo, estamos en definitiva, ante un conjunto de productos básicos para la alimentación humana cuyas cualidades sensoriales las hacen muy atractivas y apropiadas. Para aprovechar mejor sus propiedades y todo su potencial de sabor, lo ideal es consumirlas de la forma más natural posible y en el punto óptimo de maduración para lo cual mantener la calidad es fundamental.

Características químicas de los alimentos frutihortícolas en poscosecha. (Fuente: Blandón Navarro 2012)

Los productos hortofrutícolas se integran por dos grandes fracciones de componentes: materia seca y agua.

Materia seca

Está constituida por todos los compuestos o sustancias orgánicas e inorgánicas que son a la vez sustratos y productos de los complejos procesos metabólicos y de las reacciones bioquímicas que dan origen a cada material biológico. En consecuencia dicha materia tiene que ofrecer una naturaleza química en extremo variada y compleja como se puede observar en la figura 1.

Agua

Constituye el componente fundamental de los productos hortofrutícolas. A continuación se citan algunas funciones del agua en los procesos y productos biológicos:

- Es el componente mayoritario de las frutas y hortalizas, actúa como nutriente esencial a la vez que de ella dependen las características sensoriales y las propiedades físicas y mecánicas de las frutas y hortalizas, tales como la apariencia, textura, consistencia, elasticidad y otras propiedades reológicas.
- Permite que los procesos bioquímicos continúen en la poscosecha.
- Funciona como regulador de la temperatura en los tejidos biológicos y sirve de vehículo eficaz para movilizar el calor en los procesos de refrigeración y congelación destinados a conservar los productos.



Figura 1. Composición de las frutas y hortalizas

Hortalizas

Cuando hablamos de hortalizas y verduras nos referimos a las plantas comestibles que se cultivan en las huertas (Real Academia Española, 2001), esto se refiere a plantas herbáceas hortícolas, de las que se utilizan las partes del vegetal que son comestibles (Belitz y Grosch, 1997).

Son frescas, tienen colores vivos, son turgentes y la mayoría inodoras; igual que las frutas aportan mucha fibra y vitaminas, además de otros nutrientes protectores de la salud.

Frutas

En botánica las frutas son el ovario maduro de una planta silvestre o cultivada que protege a la semilla.

Las frutas son frutos comestibles de ciertas plantas cultivadas, como la pera, guinda, fresa, etc. (Real Academia Española 2001). El Código Alimentario Español (1991) las define como: “Frutos, infrutescencias o partes carnosas de órganos florales que han alcanzado un grado adecuado de madurez y son propias para el consumo humano”.

Las frutas poseen un sabor y aroma intensos y presentan propiedades nutritivas diferentes, por ello, tienen elevada demanda por parte del consumidor.

Composición

Desde el punto de vista químico, las frutas y las hortalizas son productos ricos en agua, pobres en proteínas (contenido en torno al 1-4 %, en general en hortalizas y algo inferior en frutas) y lípidos (cantidades muy bajas, generalmente menores del 0.5-0.6 %), y con diferencias entre ambos tipos de vegetales en lo que a carbohidratos se refiere; en las frutas suelen encontrarse entre el 1 y el 8%, aunque existen excepciones, con valores superiores al 10% de azúcares totales (carbohidratos disponibles), mientras que en las hortalizas este grupo de componentes está, habitualmente, entre el 1 y el 6%.

Las frutas y hortalizas tienen gran interés por su contenido en micronutrientes: vitaminas y minerales (Belitz y Grosch 1997; Pattee 1985; Rangana 1986; Torija y Cámara 1999).

En las frutas, el contenido de azúcares es algo superior al de las hortalizas, y debemos recordar que aumenta con la maduración (Mataix et al 1998).

Las frutas y hortalizas, especialmente estas últimas, aportan minerales cuyo consumo es importante para el mantenimiento de la salud, en especial calcio, magnesio y hierro; así como cobre, zinc y selenio, que funcionan así mismo, como cofactores enzimáticos (Martínez et al. 2001).

Otro grupo de componentes de gran interés en las frutas y hortalizas es la fibra; a este respecto, Belitz y Grosch (1997) citan valores de 0.5 a 1.5. La fibra alimentaria está constituida por fibra insoluble (principalmente celulosa) y soluble (principalmente pectinas) y su proporción varía en función del vegetal. La carencia de fibra se asocia a enfermedades, tales como diabetes, cáncer, enfermedades cardiovasculares, obesidad, estreñimiento, entre otras enfermedades no transmisibles.

Los expertos recomiendan 5 raciones al día, lo que en peso equivaldría a unos 300 g/día de frutas (2 raciones de una pieza mediana), unos 250-300 g/día de hortalizas (2 raciones en crudo y limpio) y alrededor de 150 g/día de patatas. Una combinación que se puede modificar en función de la dieta, las necesidades de nutrientes o los gustos: 3 raciones de fruta y 2 de verduras y hortalizas.

Clasificación de las frutas

El concepto *fruto* comprende también frutos compuestos, inflorescencias y núcleos de semillas. Se distinguen los siguientes grupos (Tscheuschner, 2001):

- **Frutas de pepita:** frutos de diversas plantas rosáceas. Los frutos propiamente dichos (semillas o pepitas) se encuentran en el interior del cuerpo de la flor convertido en pulpa carnososa (mesocarpio), tal como la pera, la manzana y el membrillo.
- **Frutas de hueso (drupa):** la semilla se halla contenida en un hueso duro (endocarpio leñoso), que está revestido por una envoltura carnososa formada a expensas de la porción exterior de la pared del fruto.

- **Frutas en baya:** el tejido carnososo del fruto forma una baya verdadera, como en el arándano, grosella, uva, etc. Aquí se incluyen también los frutos compuestos, en los que el eje floral carnososo asocia diminutos frutos con hueso o aquenios, como la fresa o frutilla, frambuesa y zarzamora.
- **Frutas con cáscara:** se incluyen en este grupo aquello cuyo cubierta protectora es más importantes (nueces, maní, avellanas.)
- **Frutas tropicales:** concepto que abarca especies de frutas de pepita, de hueso, bayas y otras de regiones tropicales y subtropicales, como los plátanos, piñas, dátiles, higos y cítricos (limones, naranjas, mandarinas, pomelos).

En la figura 2 se muestra 2 ejemplos de estructura de frutas.

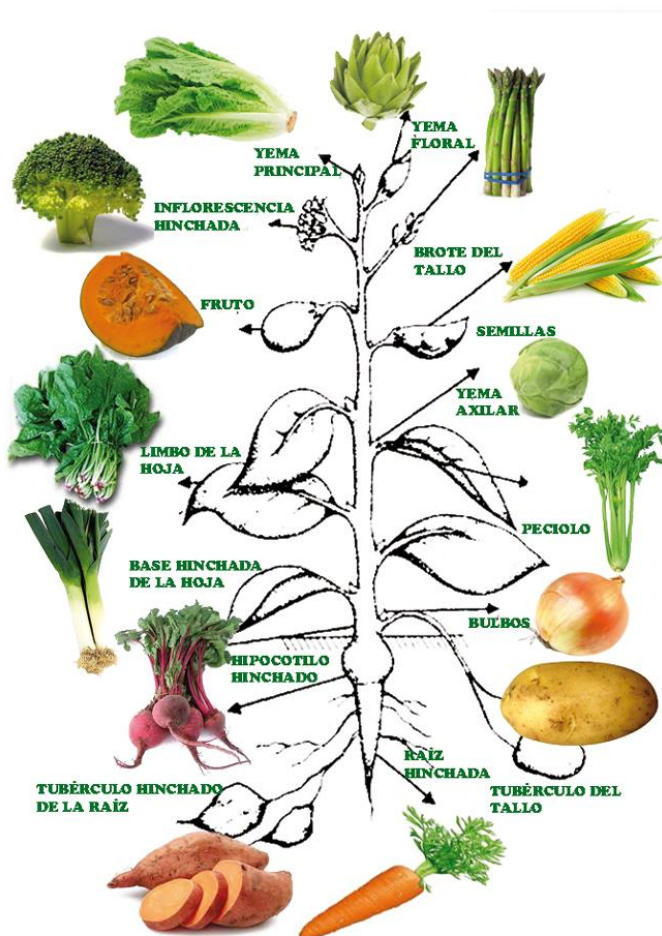


Figura 3. Origen de las hortalizas y verduras.

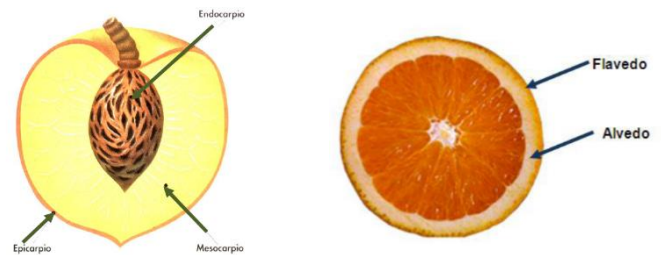


Figura 2. Estructura de frutos. Izquierda: fruta de hueso; derecha: frutas tropicales.

Clasificación de hortalizas

De acuerdo con la porción de vegetales destinados al consumo, las hortalizas se clasifican en los siguientes grupos

- Hojas: ej. lechuga, coles, espinacas.
- Flores, inflorescencias: ej. coliflor, brócoli.
- Tallos: ej. apio, espárrago.
- Bulbos: ej. cebolla, puerro.
- Raíces y tubérculos: ej. zanahorias, rábanos, nabos, papas, mandioca (yuca)
- Frutos: ej. tomates, pepinos, calabazas.

El origen botánico de cada tipo se presenta en la figura 3.

Fisiología de frutas y hortalizas

Los productos frutihortícolas durante su período poscosecha experimentan una serie de cambios asociados a las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo a nivel celular. Del mismo modo, la interacción con el ambiente condiciona la vida útil y la calidad de estos alimentos.

Dado a que todos los productos hortícolas frescos siguen siendo organismos vivos, y en general esta es una de las características distintivas de este tipo de productos, es de suma importancia familiarizarse con los aspectos fisiológicos involucrados en el deterioro de los productos frescos. Los aspectos fisiológicos determinan la duración de la vida útil pero también ofrecen la solución a muchos de los problemas que se deberán enfrentar en el manejo de dichos productos. Por tanto, el conocimiento de los aspectos fisiológicos involucrados en el comportamiento poscosecha de un producto es una herramienta básica de todo profesional que pretenda dedicarse a mejorar la calidad e incrementar el periodo de vida útil de un producto hortícola.

Fisiología de un producto aún unido a la planta

Mientras un producto (ya se fruto, una raíz, una flor) permanece unido a la planta madre recibe agua a través del xilema, nutrientes producto de la fotosíntesis así como estímulos.

Un producto aún unido a la planta es capaz de restituir el agua perdida por deshidratación, recibe el influjo de diferentes tipos de hormonas, especialmente las relacionadas con el mantenimiento de la funcionalidad de tejidos, además recibe fotoasimilados y nutrientes minerales que les permite seguir creciendo y acumulando reservas.

Fisiología del desarrollo y maduración de productos hortícolas

Es difícil hacer generalizaciones sobre el crecimiento de una planta, aún más arriesgado es tratar de generalizar sobre el mecanismo de crecimiento de la parte útil de la planta. En general, cualquier organismo vivo cumple una serie de fases relativamente bien definidas.

El desarrollo se inicia con la formación de la parte comestible; se observa un endurecimiento del fruto, el crecimiento de la raíz, tubérculo o bulbo, o el alargamiento del tallo. El desarrollo se encuentra integrado por los procesos de premadurez y parte de la madurez. El periodo de premadurez se inicia con el desarrollo y finaliza hasta que el producto comestible puede ser utilizado. La madurez comienza antes de la cosecha y puede continuar, después de la recolección. Esta se traslapa con el periodo de premadurez y es seguida por la senescencia. La madurez finaliza cuando se da un cambio en el patrón de crecimiento de la parte comestible o cesa el agrandamiento natural del producto.

Maduración

El conjunto de procesos de desarrollo y cambios observados en la fruta se conoce como maduración. Como consecuencia de la maduración la fruta desarrolla una serie de características físico-químicas que permiten definir distintos estados de madurez de la misma. Todo esto es de suma importancia en poscosecha con relación a los siguientes aspectos:

- Desarrollo de índices de madurez o cosecha.
- Definición de técnicas y frecuencia de cosecha.
- Exigencias de calidad del mercado (características externas/composición interna).
- Forma de consumo del producto (natural/procesado).
- Aplicación de técnicas adecuadas de manejo, conservación, transporte y comercialización.
- Vida potencial útil de poscosecha.

Tipos de madurez

En relación a los estados de madurez de la fruta, es conveniente conocer y distinguir de manera precisa el significado de los siguientes términos de uso común en poscosecha:

- **Madurez fisiológica:** Una fruta se encuentra fisiológicamente madura cuando ha logrado un estado de desarrollo en el cual esta puede continuar madurando normalmente para consumo aún después de cosechada. Esto es una característica de las frutas climatéricas (como el plátano) y otras que se cosechan verde-maduras y posteriormente maduran para consumo en poscosecha. Las frutas no-climatéricas (como los cítricos) no maduran para consumo después que se separan de la planta.
- **Madurez hortícola:** Es el estado de desarrollo en que la fruta se encuentra apta para su consumo u otro fin comercial. La madurez hortícola puede coincidir o no con la madurez fisiológica.
- **Madurez de consumo u organoléptica.** Estado de desarrollo en que la fruta reúne las características deseables para su consumo (color, sabor, aroma, textura, composición interna).

Cambios asociados con el proceso de maduración

Los cambios asociados con la maduración varían según el tipo de fruto y el patrón de maduración de que se trate. Usualmente, durante el proceso de maduración ocurren cambios en todos los aspectos relacionados con los parámetros de calidad del producto, tales como: cambio de la composición, cambios en la apariencia (color, forma, tamaño), cambios en el aroma de un producto, cambios en su resistencia mecánica, cambios en su susceptibilidad a enfermedades, cambios en su comportamiento respiratorio. Los cambios de coloración ocurren por una combinación de diferentes factores: las enzimas encargadas de la degradación de la clorofila se incrementan y así su tasa de destrucción. Posteriormente los pigmentos amarillos, que han permanecido enmascarados por la clorofila, se hacen más evidentes. Tercero, estimulados por la luz y condiciones fisiológicas, los pigmentos rojos se producen en mayores cantidades, especialmente en las zonas del fruto expuestas a la luz.

En la figura 4 se grafica la evolución de la madurez en frutos.

Frutos climatéricos y no climatéricos

El proceso de maduración en frutas tiene dos patrones característicos. El primero se denomina climaterio, y se caracteriza por un incremento acelerado de la tasa respiratoria; que es coincidente con el inicio de cambios de color, composición, aroma, firmeza, etc. Este patrón de maduración es común en frutos de tipo tropical como banano, plátano, melón, mango, aguacate, papaya, sandía, entre otros.

El segundo mecanismo de maduración se denomina “no climaterio”, y se caracteriza por no presentar un incremento acelerado de la tasa respiratoria; en ocasiones la respiración aumenta muy lentamente y en otros casos incluso disminuye aún más. Algunos ejemplos son las frutas cítricas, pepino, fresa o frutilla y piña.

Estas diferencias, en el comportamiento durante la maduración, tienen fuertes implicaciones en la vida poscosecha de un rubro. En general, los frutos climatéricos son altamente perecederos, su maduración es rápida, se presentan fuertes cambios composicionales, y en general aumenta la susceptibilidad a enfermedades. Por otra parte, los frutos no climatéricos, son de maduración más lenta y no experimentan cambios sustanciales durante la maduración, excepto cambios de coloración y firmeza.

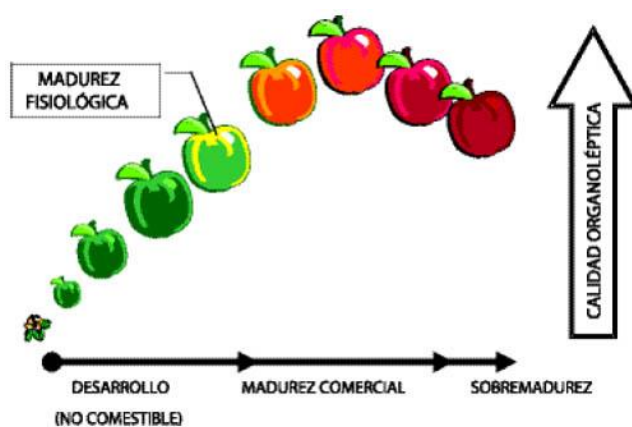
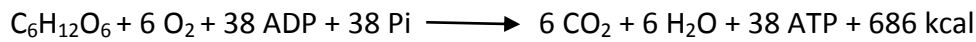


Figura 4. Cambios asociados al proceso de maduración

Respiración, transpiración y síntesis de etileno

Respiración

La respiración (oxidación biológica) es la descomposición por oxidación de moléculas de sustratos complejos presentes normalmente en las células de las plantas, tales como almidón, azúcares y ácidos orgánicos a moléculas más simples como el CO₂ y H₂O. Con esta reacción catabólica se da la producción de energía y de moléculas intermedias que se requieren para sostener la gran cantidad de reacciones anabólicas esenciales para el mantenimiento de la organización celular y la integridad de la membrana de las células vivas. El propósito principal de la respiración es mantener un suministro adecuado de Adenosina trifosfato (ATP). El proceso global de la respiración aeróbica implica la regeneración de ATP a partir de ADP (adenosina difosfato) y Pi (fosfato inorgánico) con la liberación de CO₂ y H₂O. Si un azúcar hexosa se utiliza como sustrato, en general ecuación se puede escribir de la siguiente manera:



Transpiración

La mayoría de los productos frescos contienen, en el momento de la cosecha, del 65 al 95 por ciento de agua. Dentro de las plantas en crecimiento existe un flujo continuo de agua. Esta se absorbe del suelo por las raíces, sube por los tallos y se desprende por las partes aéreas, sobre todo por las hojas, como vapor de agua. El paso del agua a través de las plantas, propiciado por la presión existente en el interior de éstas, se denomina corriente de transpiración, y contribuye a mantener el contenido de agua de la planta. La falta de agua hace que las plantas se debiliten y puede provocar su muerte.

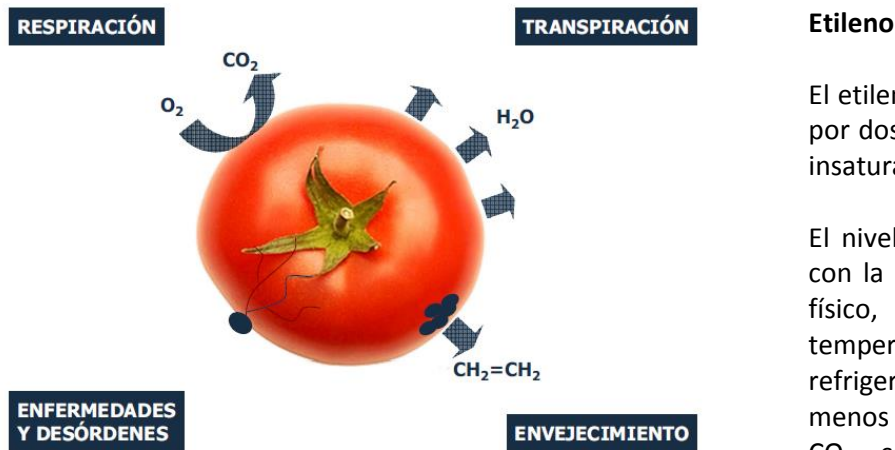
Los productos frescos siguen perdiendo agua después de la cosecha, pero, a diferencia de las plantas en crecimiento, ya no pueden reponer el agua a partir de la tierra y tienen que recurrir al contenido de agua que tuvieron en el momento de la recolección. Esta pérdida de agua constituye un grave problema ya que da lugar a pérdidas de peso.

Producción de etileno

El etileno es una sustancia natural (fitohormona) producida por las frutas. Aún a niveles menores de 1 parte por millón (ppm), el etileno es fisiológicamente activo, ejerciendo gran influencia sobre los procesos de maduración y senescencia de las frutas, influyendo de esta manera en la calidad de las mismas. Además, la formación de la zona de desprendimiento de la fruta del resto de la planta (abscisión) también es regulada por esta sustancia. Lo mencionado evidencia la importancia que tiene el etileno en la fisiología poscosecha. No existe relación entre la cantidad de etileno que producen distintas frutas y su capacidad de conservación; sin embargo, la aplicación externa de este gas generalmente promueve el deterioro del producto acortando su vida de anaquel (tiempo útil para su comercialización). En la tabla 1 se presenta la producción de etileno de algunas frutas.

Tabla 1. Clasificación de algunas frutas tropicales según su producción de etileno. Adaptado de: Kader, A.A. 2003.

Etileno	(ml/kg/h a 20°C)	Producto
Muy bajo	< 0.1	Cítricos
Bajo	0.1 - 1.0	Piña, melón casaba, sandía
Moderado	1.0 - 10.0	Mango, melón, plátano y banano
Alto	10.0 - 100.0	Melón reticulado, aguacate (palta), papaya
Muy alto	> 100.0	Maracuyá



Etileno

El etileno es un compuesto constituido por dos átomos de carbón y un enlace insaturado doble.

El nivel de etileno en frutas aumenta con la madurez del producto, el daño físico, incidencia de enfermedades y temperaturas altas. El almacenamiento refrigerado y el uso de atmósferas con menos de 8% de O_2 y más de 2% de CO_2 , contribuyen a mantener bajos niveles de etileno en el ambiente de poscosecha (figura 5).

Figura 5. Efecto de la respiración, transpiración y producción de etileno

Factores poscosecha que afectan la calidad y fisiología de un producto fresco

- **Madurez a la cosecha:** uno de los aspectos más importantes para lograr un máximo de vida útil del producto es cosecharlo en el momento adecuado. La selección del momento de cosecha, como ya hemos visto, se basa en multitud de factores. El grado de desarrollo o madurez con que se coseche un producto determinará, de forma directa, la extensión de su vida útil.
- **Estado fitosanitario del producto:** es muy importante que el control de plagas y enfermedades a nivel de campo sean congruentes con la exigencia del mercado. Si un lote de producto está muy afectado por enfermedades, aun cuando las lesiones no sean visibles, es probable que tengamos un bajo grado de éxito en la manipulación de ese producto.
- **Temperatura:** el manejo adecuado de la temperatura de un producto durante la fase poscosecha es un factor crítico en la prolongación de su vida útil. El manejo de la temperatura no implica necesariamente grandes inversiones en cámaras de refrigeración sino más bien el uso del sentido común.
- **Humedad:** la mayoría de los productos frescos, y en especial los productos tropicales, tienen un alto contenido de humedad. Esa humedad interna es parte de la valoración de la calidad de un producto que se expresa en conceptos como contenido de jugo, turgencia, elasticidad, entre otras; todas relacionados con el contenido de agua.
- **Etileno:** Dado que el etileno es una hormona vegetal directamente relacionada con la maduración, resulta evidente que si se le controla se puede (en cierta medida) controlar la velocidad a la que la maduración ocurre. El control de la concentración de etileno en el ambiente circundante al producto cosechado es un mecanismo para regular su deterioro.
- **Enfermedades poscosecha:** las enfermedades de poscosecha son el factor individual de pérdidas más importante en países en desarrollo, especialmente cuando se tienen poco control sobre la temperatura de almacenamiento y la humedad ambiental. El problema es tan severo que en algunos productos pueden representar hasta un 75% de las pérdidas totales.
- **Daños físicos:** los daños a la integridad física de un producto se constituyen en un serio problema de poscosecha. Usualmente esos daños se producen por sistemas inadecuados de cosecha, de transporte y caminos inadecuados, manipuleo poco cuidadoso, empaques inadecuados o sobrecargados, almacenamiento inadecuado.
- **Concentración de dióxido de carbono y oxígeno.**
- **Empaques:** es de suma relevancia contar con empaques aptos para cada tipo de producto y que se adapte a las condiciones del mercado.
- **Logística e infraestructura:** el mantenimiento de la calidad, la higiene de las instalaciones y el adecuado transporte son aliados importantes para disminuir las pérdidas poscosecha.

Senescencia

La formación de semillas y frutos va asociada a un proceso de envejecimiento del resto de la planta. La senescencia puede terminar con la muerte de toda la planta, como en la mayoría de las herbáceas (senescencia monocárpica), o sólo de algunos tejidos y órganos, como en plantas plurianuales (senescencia policárpica). Asimismo, la senescencia se puede diferenciar según el tejido en el que tenga lugar:

- foliar: Cuando una hoja deja de ser fotosintéticamente rentable, suele iniciarse su proceso de senescencia
- floral: Una vez que ha tenido lugar la anthesis y la polinización, los estambres, la corola, los pétalos y los sépalos inician su proceso de senescencia.

Referencias Bibliográficas

Bladón Navarro, S. 2012. Ingeniería de Poscosecha II. Apuntes de clase.

Kitinoja L.; Kader A. 2003. Técnicas de Manejo Poscosecha a Pequeña Escala: Manual para los Productos Hortofrutícolas (4ª Edición). California, USA: Universidad de California. 270 p.

Manrique Klinge, K. 2010. Nociones del Manejo de Post-Cosecha. Depto. de Mejoramiento y Recursos Genéticos Centro Internacional de la Papa. Consultado el 20 de septiembre de 2016. Disponible en: <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/nociones-de-postcosecha.pdf>

Martinez, A.; Haza, A.I. y Morales, P. 2001. Frutas y verduras como agentes preventivos en la dieta I. Actividad antioxidante. Alimentaria, En-Feb: 27-30.

Mataix Verdú, J; Mañas Almendros, M; Llopis González, J; Martínez de Victoria, Muñoz, E.; Juan Sánchez, J y Borregón Martínez, A. 1998 Tabla de composición de alimentos españoles 3ª ed. Granada, ES: Universidad de Granada.

Tscheuschner H-D, 2001. Fundamentos de tecnología de los alimentos. Zaragoza, ES: Acribia. p: 36-49.

Belitz, HD; Grosch W. 1997. Química de los Alimentos. Zaragoza, ES: Acribia. 1134 p.

Pattee, H.E. 1985. Evaluation of Quality of Fruits and Vegetables. New York, USA: Avi Publishing Company.

Rangana 1986; Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. New York, USA: McGraw-Hill Education- 1112 páginas.