

Biología y Tecnología de Postcosecha: Una Revisión General

Adel A. Kader

Fuente: Postharvest Technology of Horticultural Crops (A.A. Kader, ed.). 1992. Univ. Calif. Publ. 3311.

Pérdidas en cantidad y calidad afectan los productos hortícolas entre la cosecha y el consumo. La magnitud de las pérdidas postcosecha de productos hortifrutícolas están estimadas de un 5 a un 25% en países desarrollados, y de un 20 a un 50% en países en vías de desarrollo, dependiendo del tipo de producto. Para reducir estas pérdidas, productores y comerciantes deben 1) entender los factores ambientales y biológicos que están involucrados en el deterioro y 2) el uso de tecnologías postcosecha para retardar la senescencia y mantener el producto en su mejor calidad posible. Este capítulo discute brevemente el primer punto e introduce el segundo, el cual es tratado más a detalles en los capítulos siguientes.

Frutas y verduras frescas, así como plantas ornamentales, son tejidos vivos sujetos a cambios continuos después de la cosecha. Mientras que algunos de estos cambios son deseables, la mayoría de ellos, desde el punto de vista del consumidor, no lo son. Los cambios postcosecha en productos frescos no pueden ser detenidos, pero pueden ser desacelerados dentro de ciertos límites. La senescencia es la etapa final del desarrollo de los órganos vegetales, durante el cual una serie de cambios irreversibles que conducen a la desintegración y muerte de las células. Los productos hortifrutícolas frescos varían en su estructura morfológica (raíces, tallos, hojas, flores, frutos, etc.), en su composición y en su fisiología general. Por lo tanto los requerimientos y recomendaciones generales para maximizar la vida postcosecha varían entre los productos. Todos los productos hortifrutícolas frescos tienen un alto contenido de agua, y por lo cual están sujetos a la deshidratación (marchitamiento, arrugamiento) y a daños mecánicos. Estos son de igual manera susceptibles a los ataques de bacterias y hongos, dando como resultado un deterioro patológico.

Los Factores Biológicos Involucrados en el Deterioro

Respiración

La respiración es el proceso mediante el cual reservas orgánicas (carbohidratos, proteínas, grasas) son degradados a productos finales simples con una liberación de energía. El oxígeno (O₂) es usado y el bióxido de carbono (CO₂) es producido en este proceso. La pérdida de las reservas de material orgánico en el producto durante la respiración significa 1) una aceleración de la senescencia conforme las reservas que mantienen vivo al producto se agotan, 2) una reducción en el valor nutritivo (valor energético) para el consumidor, 3) pérdida en la calidad de sabor, especialmente la dulzura, y 4) pérdida del peso seco vendible (especialmente importante para productos destinados a la deshidratación). La energía liberada como calor, conocida como calor vital, afecta las consideraciones en el uso

de tecnología postcosecha, así como las estimaciones de los requerimientos de enfriamiento y ventilación.

La tasa de deterioro (percebilidad) de productos cosechados es generalmente proporcional a la tasa respiratoria. Los productos hortícolas son clasificados de acuerdo a su velocidad de respiración en el Cuadro 1. Basados en su respiración y producción de etileno durante la maduración fisiológica y comercial, los frutos pueden ser climatéricos o no climatéricos. (Cuadro 2). Los frutos climatéricos muestran un fuerte aumento en la producción de CO₂ y Etileno, los cuales coinciden con el proceso de maduración comercial, mientras que los frutos no climatéricos no muestran estos cambios y, generalmente, producen bajo CO₂ y Etileno durante la maduración comercial.

Cuadro 1. Clasificación de productos hortícolas de acuerdo a sus tasas de respiración.

Clase	Rango a 5°C (41°F) (mg CO ₂ /kg-hr)*	Productos
Muy baja	<5	Nueces, dátiles, frutas y hortalizas secas
Baja	5-10	Manzana, cítricos, uva, kiwi, ajo, cebolla, papa (madura), camote, betabel, apio, arándano, melón honeydew, papaya, persimonia, piña, sandía
Moderada	10-20	Chabacano, banana, cereza, durazno, nectarina, pera, ciruela, higo, col, zanahoria (sin hojas), lechuga "iceberg", pimiento, tomate, papa (inmadura), pepino, aceituna, rábano (sin hojas), calabacita, arándano azul, melón cantalup, celeriac, mango
Alta	20-40	Fresa, zarzamora, frambuesa, coliflor, zanahoria (con hojas), poro, aguacate, lechugas, frijol lima, rábano (con hojas)
Muy Alta	40-60	Alcachofa, Germinados, Brócoli, Col de Bruselas, flores cortados, cebollín, oca, ejote, endivia, berro, col de hoja
Extremadamente Alta	>60	Espárragos, champiñón, perejil, chícharo, espinaca, maíz dulce

*Calor vital (Btu/ton/24 horas) = mg CO₂/kg-hr x 220.

Calor vital (kcal/1000 kg/24 horas) = mg CO₂/kg-hr x 61.2.

Producción de Etileno

Etileno el compuesto orgánico más simple que afecta los procesos fisiológicos de la planta, es un producto natural del metabolismo vegetal, siendo producido por todos los tejidos en plantas superiores y por algunos microorganismos. Como una fitohormona, el etileno regula muchos aspectos del crecimiento, desarrollo y senescencia, de igual manera es fisiológicamente activo en concentraciones muy bajas, (menos de 0.1 ppm). Este también juega un papel muy importante en la abscisión de órganos vegetales.

El aminoácido metionina es convertido a S-adenosilmetionina (SAM), el cual es el precursor de 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC), que es el precursor inmediato del etileno. La ACC sintetasa la cual convierte el SAM a ACC, es el sitio principal de control de la biosíntesis del etileno. La conversión de ACC a etileno, es regulada por una enzima (la enzima que forma el etileno, EFE o ACC oxidasa). Esta enzima, no ha sido aún identificada, pero se sabe que no es estable y se asume que está ligada a la membrana.

Cuadro 2. Clasificación de algunos frutos de acuerdo a sus comportamiento respiratorio durante la maduración.

Frutas Climatéricas		Frutas No- Climatéricas	
Aguacate	Guayaba	Aceituna	Loquat
Arándano azul	Higo	Berenja	Mandarina
Bananos	Jaca	Cacao	Marañon
Biriba	Kiwi	Calabacita	Naranja
Chabacano	Mango	Carambola	Ocra
Cherimoya	Manzana	Cereza	Pepino
Chicosapote	Melón Cantalúp	Chícharo	Pimenton
Ciruela	Membrillo	Dátil	Pina
Durazno	Nectarina	Frambuesa	Sandia
Durian	Papaya	Fresa	Tangarina
Feijoa	Pera	Granada	Tomate de árbol
Fruta del pan	Persimonio (Kaki)	Jujube	Toronja
Fruto de la Pasión (Granada China)	Plátano Rambutan	Limón Limón amarillo	Tunas Uva
Guanábana	Sapotes	Litchi	Zarzamora
	Tomate	Longan	

En el Cuadro 3 los productos hortícolas son clasificados de acuerdo a la tasa de producción de etileno. No existe una relación consistente entre la capacidad de producción de etileno de un producto dado y su grado de perecibilidad. Sin embargo la exposición de la mayoría de los productos al etileno acelera su senescencia.

Generalmente la tasa de producción de etileno aumenta a medida que el producto se acerca a su madurez, por daños físicos, incidencia de enfermedades, aumento en la temperatura hasta los 30° C, y estrés de agua. Por otro lado, las tasas de producción de etileno de productos frescos se reduce al almacenar a baja temperatura, al reducir los niveles de oxígeno (menos de 8%), y al aumentar los niveles de CO₂ (más de 2%).

Cuadro 3. Clasificación de productos hortofrutícolas de acuerdo a su tasa de producción de etileno.

Clase	Rango a 20°C (68°F) ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg-hr}$)	Productos
Muy baja	Menos de 0.1	Alcachofa, espárrago, coliflor, cerezo, cítricos, uva, jujube, fresa, granada, hortalizas de hoja verde, raíces y tubérculos, papa, la mayoría de las flores cortadas
Baja	0.1-1.0	Arándanos, pepino, berenjena, oca, aceituna, pimiento (bell y chile), persimonia, pina, melón casaba, calabaza, frambuesa, tomate de árbol, sandía
Moderada	1.0-10.0	Plátano, higo, guayaba, melón honeydew, litchi, mango, plátano macho, tomate
Alta	10.0-100.0	Manzana, chabacano, aguacate, melón cantalup, feijoa, fruta kiwi (madura), nectarina, papaya, durazno, pera, ciruela
Extremadamente Alta	>100.0	Chirimoya, sapote mamey, granada china, sapos

Cambios en la Composición

Muchos cambios en los pigmentos se llevan a cabo durante el desarrollo y la maduración de la fruta en la planta. Algunos de éstos continúan después de cosecha y pueden ser deseables o indeseables.

1. La pérdida de clorofila (color verde), es deseable en frutas, pero no en vegetales.
2. Desarrollo de carotenoides, (color amarillo y naranja), es deseable en frutas tales como chabacano, duraznos y cítricos; el desarrollo de color rojo en tomates y toronjas rosadas es debido a un carotenoide específico (licopeno); el beta-caroteno es la provitamina A y es por lo tanto importante en la calidad nutricional.
3. Desarrollo de antocianinas (rojo y azul), es deseable en frutos tales como manzanas (cultivares rojos), cerezas, fresas, bayas, naranjas de pulpa roja; estos pigmentos son solubles en agua y son menos estables que los carotenoides.
4. Cambios en antocianinas y otros compuestos fenólicos pueden dar como resultado en el pardeamiento de tejidos, el cual es indeseable porque afecta la calidad de la apariencia.

Cambios en los carbohidratos incluyen 1) conversión de almidones a azúcares, (esto es indeseado en papas, deseado en manzanas, bananas o plátanos y otras

frutas), 2) conversión de azúcar a almidón (esto es indeseable en chícharos y maíz dulce, pero es deseable en papas), 3) conversión de almidón y azúcares a CO₂ y agua vía el proceso de respiración. La desintegración de pectinas y otros polisacáridos da como resultado el ablandamiento de los frutos, y consecuentemente, aumenta la susceptibilidad a daños mecánicos. Un aumento en el contenido de lignina es responsable del endurecimiento de los espárragos y las hortalizas de raíz.

Cambios en ácidos orgánicos, proteínas, aminoácidos, y lípidos pueden influir en la calidad del sabor del producto. La pérdida en el contenido de vitaminas, especialmente el ácido ascórbico (vitamina C), es detrimental a la calidad nutricional. Producción de sustancias volátiles aromáticas asociadas con la maduración de los frutos es muy importante en su calidad comestible.

Crecimiento y Desarrollo

La brotación de las papas, las cebollas, los ajos y las hortalizas de raíz reducen enormemente su utilidad, y acelera su deterioro. El enraizamiento de las cebollas y hortalizas de raíz es de igual manera indeseable. Los tallos del espárrago continúan su desarrollo después de la cosecha; la elongación y curvatura (si los tallos se mantienen en una posición horizontal) son acompañados por un aumento en la dureza y una disminución en su calidad comestible. Respuestas similares de geotropismo ocurren en las gladiolas cortadas, y flores de boca de dragón que son almacenados en posición horizontal. La germinación de semillas dentro de los frutos, tales como los tomates, pimientos y limones, es un cambio indeseable.

Transpiración

La pérdida de agua es una de las causas principales de deterioro, porque de esto da como resultado no solamente pérdidas cuantitativas directas (pérdida de peso vendible), pero también pérdidas en la apariencia (marchitamiento y deshidratación), la calidad de la textura (ablandamiento, flacidez, pérdida de una textura crujiente y jugosidad), así como su valor nutricional.

El sistema dermal, (la cubierta protectora exterior), regula la pérdida de agua de los productos. Este sistema dermal incluye la cutícula, las células epidérmicas, los estomas, las lenticelas y los tricomas (pelos). La cutícula está compuesta de ceras en la superficie, cutina incrustada en la cera, y una capa mezclada de cutina, cera, y polímeros de carbohidratos. El grosor, la estructura, y la composición química de la cutícula varía entre los diferentes productos así como entre los diferentes estados de desarrollo de un producto dado.

La tasa de transpiración es influenciada por factores internos (características morfológicas y anatómicas, la relación entre la superficie y el volumen, daños en la superficie, y el estado de madurez), y externos o ambientales (temperatura, humedad relativa, movimiento de aire, y la presión atmosférica). La transpiración (evaporación de agua de los tejidos vegetales) es un proceso físico, que puede ser controlado por la

aplicación de tratamientos al producto (ceras y otras cubiertas superficiales o envolturas de plásticos), o por control del medio ambiente (por ejemplo, mantener una humedad relativa alta y controlar la circulación del aire).

Deterioro Fisiológico

La exposición del producto a temperaturas indeseables puede dar como resultado desórdenes fisiológicos.

1. Daño por congelamiento, ocurre cuando los productos son almacenados a temperaturas inferiores a su punto de congelamiento. La destrucción causada por el congelamiento, generalmente, da como resultado un colapso inmediato de los tejidos y la pérdida total del producto.

2. Daño de frío, ocurre en algunos productos (principalmente en aquellos de origen tropical o subtropical), en los productos almacenados a temperaturas por encima de su punto de congelación pero dentro del rango de 5° a 15°C dependiendo del producto. Los síntomas del daño de frío se hacen más notorios después de que el producto es transferido a temperaturas más altas (temperaturas que no inducen daño por frío). Los síntomas más comunes son oscurecimientos internos y de la superficie (pardeamiento), pequeños hundimientos en la superficie, áreas en el fruto que tienen la apariencia de estar llenas de agua, una maduración desuniforme o una pérdida de la capacidad de madurar, el desarrollo de olores no propios de una maduración normal, y una aceleración en la incidencia de hongos y pudriciones superficiales (especialmente organismos que no son encontrados en tejidos sanos).

3. Daños por calor. Es inducido por la exposición directa a la luz o a temperaturas excesivamente altas. Los síntomas incluyen un blanqueamiento, una quemadura o un escaldado en la superficie, una maduración desuniforme, un ablandamiento excesivo y una desecación.

Ciertos tipos de desórdenes fisiológicos son originados por un imbalance nutricional precosecha. la cosecha. Por ejemplo, la pudrición en el lado floral de los tomates, y la mancha amarga de las manzanas son el resultado de una deficiencia del calcio. El aumentar el calcio como un tratamiento precosecha o postcosecha pueden reducir la susceptibilidad a los desórdenes fisiológicos. El contenido de calcio también influye sobre la calidad de la textura y la tasa de senescencia de las frutas y hortalizas; un incremento en el contenido de calcio ha sido asociado con un mejor mantenimiento de la firmeza, y tasas reducidas de la producción de CO₂ y etileno, así como una incidencia menor de pudriciones.

Atmósferas que contienen muy bajos niveles de oxígeno (menos de 1%), altas concentraciones de bióxido de carbono (mayores a 20%), pueden causar desintegración fisiológica en la mayoría de los productos hortícolas frescos. El etileno puede inducir desórdenes fisiológicos en ciertas frutas y hortalizas. Las interacciones entre

desintegración fisiológica en la mayoría de los productos hortícolas frescos. El etileno puede inducir desórdenes fisiológicos en ciertas frutas y hortalizas. Las interacciones entre concentraciones de oxígeno, bióxido de carbono y etileno, temperatura y la duración del período de almacenamiento, influyen en la incidencia y severidad de los desórdenes fisiológicos relacionados con la composición atmosférica.

Daños físicos

Varios tipos de daños físicos (daños en la superficie, por compresión, por vibración, etc.) son los más grandes contribuyentes a la deterioración del producto. El pardeamiento de los tejidos es el resultado de la desintegración de las membranas, la cual expone los compuestos fenólicos a la enzima polifenol oxidasa. Los daños mecánicos no son solamente desagradables a la vista, sino que también aceleran la pérdida de agua, dando lugar a la infección de hongos y estimulando la producción de CO₂ y etileno en el fruto.

Cuadro 4. Efecto de la temperatura sobre la tasa de deterioro de productos no sensible al daño por frío.

Temperatura		Q ₁₀ Supuesto	Velocidad Relativa De Deterioro	Vida Util Relativa	Pérdida Diaria (%)
°F	°C				
32	0	--	1.0	100	1
50	10	3.0	3.0	33	3
68	20	2.5	7.5	13	8
86	30	2.0	15.0	7	14
104	40	1.5	22.5	4	25

$$Q_{10} = \frac{\text{Tasa de deterioro a } T + 10^{\circ}}{\text{Tasa de deterioro a } T}$$

Deterioro patológico

Uno de los síntomas más comunes y obvios del deterioro es el que resulta de la actividad de las bacterias y de los hongos. El ataque de los organismos ocurre después del daño mecánico, físico o un desorden fisiológico del fruto. En algunos casos los patógenos pueden infectar tejidos aparentemente sanos y ser la principal causa del deterioro. En general las frutas y las hortalizas demuestran una resistencia considerable a los patógenos potenciales durante la mayor parte de su vida de postcosecha. El inicio de la maduración en las frutas y la senescencia en todos los productos los hacen susceptibles a las infecciones de los patógenos. Los estréses, tales como daños mecánicos, daños por frío, y quemaduras de sol, disminuyen la resistencia a los patógenos.

Factores ambientales que influncian el deterioro de frutas

Temperatura

La temperatura es el factor ambiental que tiene una mayor influencia sobre la tasa de deterioro en los productos cosechados. Por cada aumento en 10°C por encima del óptimo, la tasa de deterioro aumenta 2 a 3 veces (Cuadro 4). La exposición a temperaturas no deseadas dan como resultado muchos problemas fisiológicos, como mencionados anteriormente. La temperatura también influye en el efecto del etileno, el efecto de las

cantidades reducidas del oxígeno y elevadas de CO₂. La germinación de esporas y la tasa de crecimiento de los patógenos son altamente influenciados por la temperatura; por ejemplo el enfriamiento de producto por debajo de 5°C inmediatamente después de cosecha puede reducir muy drásticamente la incidencia de la pudrición causada por *Rhizopus*. Los efectos de la temperatura en las respuestas durante la postcosecha de los productos sensibles o no sensibles a daño por frío son comparados en el Cuadro 5.

Humedad relativa

La tasa de pérdida de agua de los frutos y hortalizas depende de la diferencia en el déficit de la presión del vapor entre el producto y el medio ambiente, lo cual es influenciado por la temperatura y humedad relativa. A una temperatura y una velocidad de movimiento del aire específicas, la tasa de pérdida de agua del producto depende de la humedad relativa. A una humedad relativa dada, la pérdida de agua se incrementa con el aumento en la temperatura.

Composición Atmosférica

La reducción del oxígeno y un aumento en los niveles de bióxido de carbono, los cuales pueden ser intencionales, como (modificados o controlados durante el almacenamiento), o no intencionales (ventilación restringida dentro del envase y en los vehículos de transporte), puede atrasar o acelerar el deterioro de productos frescos. La magnitud de estos efectos depende del tipo del producto, variedad, la edad fisiológica, los niveles de oxígeno y CO₂, temperatura y el período de almacenamiento.

Etileno

El efecto del etileno sobre los productos hortícolas cosechados puede ser benéfico o dañino, es por lo cual que esto viene a ser una gran preocupación para todos aquellos que manejan productos frescos. El etileno puede ser usado para promover una más rápida y uniforme maduración de la fruta, las cuales han sido cosechadas en el estado verde maduro. Por otro lado la exposición a etileno puede ser detrimental a la calidad de la mayoría de las hortalizas que no son frutos botánico y a las plantas ornamentales.

Luz

Se debe evitar la exposición de las papas a la luz ya que esto causa el enverdecimiento debido tanto a la formación de clorofila como de solanina (tóxica para los humanos). De igual manera es indeseable el enverdecimiento inducido por el efecto de la luz en la endivia Belga.

Cuadro 5. Clasificación de frutas y hortalizas de acuerdo a la susceptibilidad al daño por frío.

Grupo I: Productos No Sensibles al Frío

Daño por alta temperatura: >30°C

Rango óptimo de temperatura para maduración de frutos: 16-24°C

Rango ideal de temperatura para transporte y almacenamiento: 0-4°C

Daño por congelación: <0°C

Grupo II: Productos Sensibles al Frío

Daño por alta temperatura: >30°C

Rango óptimo de temperatura para maduración de frutos: 16-24°C

Rango ideal de temperatura para transporte y almacenamiento: 7-13°C

Daños por bajas temperaturas: 0-10°C

Daño por congelación: <0°C

No Sensibles al Daño por Frío		Sensibles al Daño por Frío	
Arandanos	Alcachofa	Aceituna	Berenjena
Bayas varias	Ajo	Aguacate	Calabacita
Cerezo	Apio	Banana	Calabaza
Chabacano	Betarraga	Cherimoya	Camote
Ciruelas, Ciruela Pasa	Brócoli	Citricos	Ejotes
Durazno*	Cebolla	Feijoa	Melones
Fresa	Chícharo	Granada	Ocra
Higo	Col	Guayaba	Papa
Kiwi	Col de Bruselas	Jujube	Pepino
Manzana*	Coliflor	Mango	Pimiento
Nectarina*	Espárragos	Papaya	Sandia
Pera	Espinaca	Pina	Tomate
Persimonia*	Frijol Lima	Plátano	Gingibre
Uva	Lechuga	Sapote	Taro
Dátiles	Maíz Dulce	Fruta de pan	Yuca
Loquat	Nabo	Durian	Name
	Rabanitos	Longan	
	Zanahoria	Mangosteen	
	Champiñón	Pepino Dulce	
	Endivia	Tunas	
	Perejil	Rambutan	
	Betabel	Tomate de árbol	
		Longan; Litchi	

* Algunas variedades son sensibles al frío.

Otros Factores

Varios tipos de productos químicos, por ejemplo, (fungicidas, reguladores de crecimiento), pueden ser aplicados a los productos para alterar uno o más de los factores biológicos que inducen la deterioración.

Procedimientos de la Tecnología Postcosecha

Procedimientos para el Control de la Temperatura

El control de la temperatura es la estrategia más efectiva para extender la vida anaquel de productos hortícolas frescos. Este comienza con una rápida remoción del

calor de campo, mediante el uso de uno de los siguientes métodos de enfriamiento: hidrogenfriamiento, enfriamiento con hielo en los envases, hielo en la parte superior de la carga, enfriamiento por evaporación, enfriamiento en cuarto frío, enfriamiento por aire forzado, enfriamiento por aire forzado del serpentín, enfriamiento al vacío, y enfriamiento por hidrovacío.

La disponibilidad de almacenamiento en frío debe ser bien diseñada y adecuadamente equipada. Esto debe tener 1) una buena construcción con adecuado aislamiento, incluyendo una barrera de vapor completa en el lado caliente del aislamiento, 2) los pisos tienen que ser resistentes, 3) puertas bien diseñadas y colocadas para realizar las operaciones de carga y descarga. 4) una distribución efectiva del aire refrigerado, 5) con controles sensibles y localizados apropiadamente, 6) con una superficie del evaporador suficiente para minimizar la diferencia de temperaturas entre el evaporador y el aire, 7) una capacidad adecuada para los volúmenes esperados.

Los productos deben ser estibados en los cuartos fríos dejando espacios entre las tarimas y la pared del cuarto para asegurar una buena circulación del aire. Los cuartos de almacenamiento no deben ser cargados por encima de su capacidad límite de enfriamiento. Para el monitoreo de la temperatura, se debe utilizar la temperatura del producto y no la del aire.

Los vehículos de transporte deben ser enfriados antes de cargar el producto. Se deben evitar los atrasos entre el enfriamiento y el cargado de los vehículos. Se debe asegurar el mantener una temperatura apropiada durante el proceso de distribución.

Control de la Humedad Relativa

La humedad relativa puede afectar la pérdida de agua, desarrollo de enfermedades, pudriciones, incidencia de algunos desórdenes fisiológicos, y uniformidad en la maduración de los frutos. La condensación de humedad en el fruto, la transpiración o sudado en periodos largos de tiempo es, probablemente, más importante que la humedad relativa del aire en favorecer las pudriciones. Una humedad relativa apropiada va desde 85 hasta 95% para los frutos, y de 90 hasta 98% para las hortalizas con la excepción de las cebollas secas y calabazas (70 a 75%). La mejor manera del almacenar algunas raíces es bajo de una humedad relativa desde 95% hasta 100%.

Esta puede ser controlada mediante uno o más de los siguientes procesos:

1. Adición de humedad, (agua en forma de brisa, de vapor o asperjada,) al aire mediante el uso de humidificadores.
2. Regulando el movimiento de aire y la ventilación en relación a la carga del producto en el cuarto frío.
3. El mantenimiento de los espirales de evaporación dentro de 1°C o 2°F de la temperatura del aire.
4. Proporcionando barreras para la humedad- utilizando aislamiento en las paredes de los cuartos fríos y los vehículos de transporte; películas plásticas de polietileno dentro de los envases y para el empaçado.

5. Adición de agua en los pisos de los cuartos de almacenamiento.
6. Agregar hielo molido en los envases o en los anaqueles a los productos que no son dañados por éste.
7. Asperjar los productos con agua mientras que están en los anaqueles de los supermercados; usarlo para hortalizas de hoja, raíces de clima templado y hortalizas de fruto inmaduro (ejem. ejotes, chícharos, elotes y calabacitas).

Suplementos al Manejo de Temperatura y Humedad

Muchos procedimientos tecnológicos son usados comercialmente como suplemento al control de la temperatura. Ninguno de estos procedimientos, por si solos, o en sus diferentes combinaciones, puede substituir el mantener la temperatura y humedad relativa óptima, pero ellos pueden ayudar a mantener y prolongar la vida de anaquel de los productos más de lo que es posible usando solamente refrigeración (Cuadro 6).

Tratamientos aplicados al fruto incluyen 1) el curado de ciertas raíces, bulbos, y tubérculos, 2) limpieza, seguida por la remoción del exceso de la humedad en la superficie, 3) selección para eliminar defectos, 4) el encerado y el uso de otras cubiertas superficiales o el de envolver en películas plásticas, 5) tratamientos térmicos, (Agua, aire caliente o agua en forma de vapor), 6) tratamientos con fungicidas postcosecha, 7) inhibidores de brotación, 8) tratamientos químicos especiales, (inhibidores del escaldado, aplicaciones de calcio, reguladores de crecimiento, productos químicos anti-etilénicos para las plantas ornamentales, 9) Fumigación para el control de insectos, 10) tratamientos con etileno, (desverdecimiento e inducción de madurez).

Tratamientos para manipular el medio ambiente incluyen 1) el empaçado, 2) control del movimiento de aire y circulación, 3) control del intercambio de aire o ventilación, 4) exclusión o remoción del etileno, 5) atmósferas controladas o modificadas (AC o AM), 6) sanidad.

Cuadro 6. Clasificación de productos hortofrutícolas frescos de acuerdo a su grado relativo de perecedero y su vida de anaquel potencial en aire o cerca de la temperatura y humedad relativa óptimos.

Grado Relativo de Perecedero	Vida de Anaquel Potencial (semanas)	Productos
Muy Alto	<2	Chabacano, frambuesa, arandano azul, cerezo, higo, zarzamora, fresa, espárrago, germinados, brócoli, coliflor, melón cantalup, cebollin, lechuga de hoja verde, champiñón, chicharro, espinaca, maíz, dulce, tomate (maduro); la mayoría de las flores y hoja ornamental cortados; productos cortados en fresco
Alto	2 a 4	Aguacate, plátano, uva (sin tratamiento con SO ₂), guayaba, loquat, mandarina, mango, melones (honeydew, crenshaw, Persian), nectarina, papaya, durazno, pepino, ciruela, alcachofa, ejotes, col de Bruselas, col, apio berenja, lechuga "iceberg", oca,

		pimiento, calabacita, tomate (madurando)
Moderado	4 a 8	Manzana y Pera (algunas cultivares), uva (con tratamiento con SO ₂), naranja, toronja, limón, fruta kiwi, persimonia, granada, pomelo, betabel, zanahoria, rábano, papa (inmaduro)
Bajo	8 a 16	Manzana y Pera (algunas cultivares) limón amarilla; papa (madura), cebolla seca, ajo, calabaza, camote, taro, taro, name, bulbos y otros órganos para la propagación de ornamentales
Muy Bajo	>16	Nueces de árbol, frutas y verduras secas

Futuras Tendencias en el Manejo de Productos Perecederos.

Los esfuerzos en la investigación y el desarrollo son enfocados hacia el mejoramiento de la tecnología ya existente y evaluación de nuevas ideas como posibles alternativas de la tecnología actual. Algunas tendencias son las siguientes:

1. Desarrollo de métodos más efectivos y económicos para controlar temperatura y humedad relativa en almacenamiento y transporte.
2. Reducción de pérdidas cuantitativas y cualitativas debido al daño por frío de los productos sensibles.
3. El reemplazamiento de productos químicos usados para el control de desórdenes fisiológicos, patógenos que producen pudriciones e insectos.
4. Incremento en el uso de cubiertas plásticas y otros tratamientos para reemplazar el encerado con el cual se minimiza la pérdida de agua.
5. Eficientar el manejo-transporte rápido y sistemas de distribución más eficientes a los niveles locales, nacionales e internacionales.
6. Incrementar la mecanización en la cosecha, manejo a granel entre el campo y la empacadora, en la clasificación de calidad de la empacadora y durante el transporte a los mercados de destino.
7. Continuar con los esfuerzos para reducir a un número menor la gran variedad de envases, cada uno debe ser adecuado para varios productos; e incrementar el reciclaje de materiales de empaque usados para los productos perecederos.
8. Incrementar el uso de las cualidades de textura y sabor, (en adición a la cualidad de apariencia), en los estándares de calidad y madurez.
9. Desarrollo en la tecnología de atmósferas modificadas y controladas para su uso en el transporte, almacenamiento y mercadeo de los productos que puede ser beneficiados. Algunos objetivos: a) Un mejoramiento de los sistemas para generar, mantener y monitorear atmósferas controladas y modificadas; b) Una técnica más efectiva para remover el etileno y otros volátiles cuando sea necesario; c) Mejorar los procesos de seguridad para permitir incrementar el uso de monóxido de carbono como inhibidor de crecimiento de los hongos en los productos que son sensibles a altas concentraciones de CO₂; d) innovaciones que permiten un mayor uso de atmósferas modificadas durante el transporte y distribución; y e) un incremento en el uso de empaques con atmósfera modificada para productos enteros y ligeramente procesados.

10. Investigación para desarrollar nuevo procedimiento para el control de la calidad y la seguridad de productos ligeramente procesados (como ensaladas de fruta, cítricos sin cáscara, lechuga cortada, palitos de zanahoria de apio, y floretes de brócoli y coliflor), para el servicio de alimentos, así como para el uso del consumidor.
11. Modificaciones en los procesos de manejo para economizar en mano de obra, materiales y el uso de energía, así como para proteger el medio ambiente.

Referencias

- Brady, C. J. 1987. Fruit ripening. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 38:155-78.
- Cappellini, R. A., and M. J. Ceponis. 1984. Postharvest losses in fresh fruits and vegetables. In *Postharvest pathology of fruits and vegetables: postharvest losses in perishable crops*, ed. H. E. Moline, 24-30. Univ. Calif. Bull. 1914.
- Grierson, D. 1987. Senescence in fruits. *HortScience* 22:859-862.
- Grierson, W., and W. F. Wardowski. 1978. Relative humidity effects on the postharvest life of fruits and vegetables. *HortScience* 13:570-74.
- Harvey, J. M. 1978. Reduction of losses in fresh market fruits and vegetables. *Annu. Rev. Phytopathol.* 16:321-41.
- International Institute of Refrigeration. 1979. *Recommended conditions for cold storage of perishable produce*. Internat. Inst. Refrig. Bull. Supp. 148 pp.
- Kader, A. A. 1983. Postharvest quality maintenance of fruits and vegetables in developing countries. In *Postharvest physiology and crop preservation*, ed. M. Lieberman, 520-36. New York: Plenum.
- Kader, A. A., J. M. Lyons, and L. L. Morris. 1974. Quality and postharvest responses of vegetables to preharvest field temperature. *HortScience* 9:523-27.
- Lidster, P. D., P. D. Hilderbrand, L. S. Bérard, and S. W. Porritt. 1988. *Commercial storage of fruits and vegetables*. Can. Dept. Agric. Publ. 1532. 88 pp.
- Lipton, W. J. 1987. Senescence in leafy vegetables. *HortScience* 22:854-59.
- Mayak, S. 1987. Senescence in cut flowers. *HortScience* 22:863-65.
- National Academy of Sciences. 1978. *Postharvest food losses in developing countries* (Science & Technology for International Development). Washington, DC: Natl. Acad. Sci. 202 pp.
- Poovaliah, B. W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technol.* 40:86-89.

- Poovaliah, B. W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technol.* 40:86-89.
- Rhodes, M. J. C. 1980a. The maturation and ripening of fruits. In *Senescence in plants*, ed. K. V. Thimann, 157-205. Boca Raton, FL: CRC Press.
- _____. 1980b. The physiological basis for the conservation of food crops. *Prog. Food Nutr. Sci.* 4(3-4):11-20.
- Romani, R. J. 1987. Senescence and homeostasis in postharvest research. *HortScience* 22:865-68.
- Shewfelt, R. L. 1986. Postharvest treatment for extending the shelf-life of fruits and vegetables. *Food Technol.* 40(5):70-89.
- Tindall, H. D., and F. J. Proctor. 1980. Loss prevention of horticultural crops in the tropics. *Prog. Food Nutr. Sci.* 4(3-4):25-40.
- United Nations Food and Agriculture Organization. 1981. *Food loss prevention in perishable crops*. FAO Agric. Serv. Bull. 43. 72 pp.
- Wang, C. Y., ed. 1990. *Chilling injury of horticultural crops*. Boca Raton, FL: CRC Press. 313 pp.