

REVISION BIBLIOGRAFICA

Generalidades de Frutas y Hortalizas

Las frutas y hortalizas son especies vivas que siguen respirando después de la cosecha, es decir, absorben oxígeno y expelen bióxido de carbono. La respiración va acompañada de la transpiración del agua contenida en las células. Es por esta transpiración que las frutas y hortalizas se marchitan.

El estado de madurez de las frutas y hortalizas es importante para obtener un producto con las características deseadas. La recolección en una época inadecuada favorece al desarrollo de anomalías que son perjudiciales para la elaboración y conservación del producto.

Una recolección temprana impide la maduración del fruto durante su almacenamiento. Además, la fruta demasiado verde es propensa a alteraciones fisiológicas y a una elevada transpiración. El producto cosechado tardíamente tiene un tiempo de conservación menor. Además, es el más sensible a la podredumbre y a los efectos adhesivos de la manipulación. (Solís, et al., 1993)

Ubicación y Características

La hortaliza es la planta que se consume en estado fresco, cocida o preservada.

Las características generales de las hortalizas pueden agruparse de la siguiente manera:

- a) Son órganos o tejidos succulentos y tiernos.
- b) Por lo general son todos de tamaño pequeño
- c) Calidad. En este punto cabe recalcar que son más importantes los parámetros de calidad que el rendimiento.

- d) Periodos de su ciclo agrícola o vegetativo muy cortos, los que en promedio son de 85 a 100 días. (Valadez, 1989)

Las características específicas de las hortalizas son las siguientes:

- a) Las hortalizas son muy sensibles al manejo y requieren una atención detallada. Al respecto pueden citarse los siguientes factores: suelo, riego, pH, fertilizantes, raíz.
- b) Adaptación a diversas condiciones climáticas. Es decir, es necesario conocer qué sembrar de acuerdo con la época del año.
- c) Tienen un alto valor nutritivo: pocas calorías, alto contenido de proteínas, ricas en carbohidratos, vitaminas, minerales, succulencia (poseen alto contenido de agua), sabor atractivo.
- d) Modo de consumo variado. Puede ser fresco, procesado y/o almacenado.
- e) Demandan mucha mano de obra. Debido a su amplia variedad de partes comestibles, el manejo y la cosecha deben ser lo mas cuidadoso posible. Además, resulta difícil utilizar maquinaria para la cosecha.
- f) Rápida recuperación de la inversión y ganancia neta muy alta por la superficie y tiempo. Este punto es el más importante en la producción comercial de hortalizas en México. Se ha comprobado que se tiene un 100% de ganancia como mínimo en aproximadamente 100 días, aunque muchos productores la obtienen en menor tiempo realizando transplantes. (Valadez, 1989)

Importancia

En México en los últimos años las hortalizas han cobrado un auge sorprendente desde el punto de vista de la superficie sembrada, y en el aspecto social debido a la gran demanda de mano de obra y a la captación de divisas que generan.

Sin embargo, si se observa desde el ángulo de la dieta alimenticia del mexicano este factor es casi nulo, debido al desconocimiento de la gran cantidad de hortalizas que se pueden explotar en nuestro país. También sucede que cuando se les conoce se ignoran sus propiedades nutritivas.

Por lo anterior, se deduce que la explotación de hortalizas en México está destinada a otros países, principalmente para Estados Unidos.

Las principales regiones productoras de hortalizas en México son: Sinaloa, Guanajuato, Baja California, Veracruz, Michoacán, Sonora, Tamaulipas, Morelos, Nayarit, Jalisco, Colima y Guerrero. (Valadez, 1989).

En nuestro estado se ha padecido un prolongado periodo de sequía, lo que ha propiciado que en los últimos ciclos agrícolas 1993-2003, se observó una disminución en la superficie sembrada de algunos cultivos. Sin embargo, en otros como el de hortalizas observaron importante crecimiento, ya que en promedio se sembraron 37,600 Ha con una producción de 688,149 Ton. (SAGARPA, 2004).

En la Tabla 1, se observa la superficie cosechada, rendimiento y producción de las principales hortalizas en México en el año de 1998, mientras que en la Tabla 2, se reporta la especialización en los tipos de productos que se siembran en el Estado de Sonora y el porcentaje exportado con respecto al Nacional.

Tabla 1. Superficie Cosechada, Rendimiento y Producción de las Principales Hortaliza en México. 1998.

Cultivo	Superficie (Ha)	Rendimiento (Kg/ha)	Producción (t)
Chile Verde	101,505	13,100	1,284,601
Tomate rojo	78,134	28,695	2,138,898
Papa	66,257	20,495	1,280,886
Tomate Verde	41,753	11,819	456,333
Cebolla	39,424	22,873	884,837
Sandía	36,629	21,377	692,334
Calabacita	28,561	13,385	354,557
Melón	28,233	20,817	553,450
Elote	26,209	9,967	251,762
Haba verde	18,575	2,756	49,925
Pepino	17,323	21,587	364,057
Brócoli	17,214	12,789	199,156
Chile jalapeño	15,219	14,244	192,591
Zanahoria	14,672	23,016	319,919
Nopalito	10,500	54,980	577,275

Fuente: SAGAR., 2000. Anuario Estadístico de Producción Agropecuaria

Tabla 2. Especialización de Sonora en la Actividad Agrícola Nacional

Cultivo	Superficie	Sembrada	%
	Sonora	Nacional	Sonora
Acelga	18	441	4.1
Ajo	316	6,987	4.5
Apio	248	604	41.1
Brócoli	991	14,333	6.9
Cacahuate	659	92,010	0.7
Calabacita	2140	19,332	11.1
Calabaza	1367	10,002	13.7
Cebolla	586	41,483	1.4
Cebollin	1903	7,348	25.9
Cilantro	32	2,876	1.1
Col (repollo)	330	5,599	5.9
Coliflor	701	4,850	14.5
Chicharo	192	10,090	1.9
Chile verde	3171	81,149	3.9
Hortalizas	787	6,901	11.4
Lechuga	1227	7,774	15.8
Melón	6042	55,232	10.9
Papa	3353	75,376	4.4
Pepino	417	15,798	2.6
Rábano	240	1,526	15.7
Rapini	409	538	76
Sandia	3733	34,848	10.7
Tomate rojo	1981	82,416	2.4
Tomate verde	296	25,885	1.1
Zanahoria	108	8,829	1.2

Fuente: Elaborado en base a datos de SARH. Anuario Estadístico de la producción Agrícola, 1990 . en: Doode, S. y Pérez, E. 1994

Exportación de Hortalizas

La exportación de hortalizas en México ha presentado un aumento de 1.5 millones de toneladas en 1990 a 3.2 millones de toneladas en el 2002. La mayoría de estas son enviadas a los Estados Unidos de Norteamérica y en menor medida a Canadá. Por ello para competir en estos mercados es necesario presentar productos de alta calidad, lo cual ha obligado a los productores a mejorar sus prácticas de cultivo, a eficientizar el manejo de los pesticidas, a identificar la calidad nutricional de sus productos así como mejorar su manejo postcosecha para extender su vida de anaquel y poder llegar a mercados lejanos con productos de alta calidad. (Siller, C. J. 2004).

Valor Nutricio

Desde el punto de vista nutritivo, las frutas y hortalizas no son suficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales diarios, esencialmente por su bajo contenido de materia seca. Poseen un alto contenido de agua y bajo de carbohidratos (exceptuando batata, papa, yuca y otros órganos subterráneos), de proteínas (salvo las leguminosas y algunas crucíferas) y de lípidos pero son, en general, una buena fuente de minerales y vitaminas. Diversos países han elaborado tablas de ingesta diaria recomendada, siendo probablemente la U.S. R.D.A. (United States Recommended Daily Allowances) la más conocida. Estas tablas son de referencia únicamente e indican la capacidad de los alimentos para satisfacer las necesidades diarias de determinados nutrientes. Es necesario mencionar que las condiciones de cultivo, variedades, clima y formas de preparación influyen en el contenido de nutrientes tabla 3.

Además, son aportadoras de fibra dietética que es la porción vegetal que no puede ser digerida por las enzimas del tracto digestivo humano aunque sus componentes son metabolizados anaeróbicamente en proporciones variables por la microflora del colon.

La fibra dietética contribuye a la regulación del tránsito fecal, por lo que combate tanto la diarrea como el estreñimiento, contribuye a mantener los niveles de glucosa en sangre y a eliminar parte del colesterol circulante. Es útil en dietas contra la obesidad pues al digerirse en un bajo porcentaje, proporciona pocas calorías y el mayor tiempo y energía necesarios para mastigarla hacen que se llegue antes al reflejo de la saciedad. En un adulto sano se considera óptima la ingesta diaria de 25 a 30 gramos de fibra dietética.

Las frutas y hortalizas son particularmente ricas en fitoquímicos como los terpenos (carotenoides en frutos de color amarillo, naranja y rojo y limonoides en cítricos), fenoles (los colores azul, rojo y violeta de las cerezas, uvas, berenjenas, berries, manzanas y ciruelas), lignanos (brócoli), y tioles (compuestos que poseen azufre, presentes en ajo, cebolla, repollos y coles en general).

Tabla 3. Contenido Mínimo de Sólidos Solubles Recomendados a la Cosecha

Ananá	12
Arándano Azul	10
Cereza	14-16
Ciruelas	12
Damasco	10
Durazno	10
Frambuesa	8
Frutilla	7
Granada	17
Kaki	18
Kiwi	14
Mango	8
Mandarina	8
Manzana	10.5-12.5
Melón	10- 12
Naranja	8
Nectarines	10
Papaya	11.5
Pera	13
Pomelo	8
Sandía	10
Uva	14-17.5

Fuente: Kader, 1985.

Por su bajo contenido en grasas y calorías, resultan igualmente de gran valor en las dietas de las personas preocupadas por controlar o mantener su peso corporal. Los expertos coinciden en recomendar un promedio de tres a cinco raciones diarias de ingesta de verduras. El peso promedio de cada ración de verduras debe situarse entre los 100 y los 250g; dependiendo de la edad del individuo que las consume y del tipo de verduras concreta.

Las hortalizas forman, junto con las frutas, la principal fuente de diversos nutrientes, y en concreto de vitamina C (se reporta que la ingesta óptima de esta vitamina para cubrir las necesidades mínimas, debe ser de 60mg. diarios). Se trata de alimentos muy perecederos, cuyo contenido vitamínico puede verse mermado si no se conserva adecuadamente o resultan manipulados de forma incorrecta.

La vitamina C es la menos estable de todas las vitaminas contenidas en las hortalizas. Dado que se oxida fácilmente, debe protegerse de los agentes capaces de destruirla mediante una correcta conservación. Su presencia garantiza la permanencia del resto de elementos nutritivos. Es, por tanto, el principal indicador para evaluar la frescura de estos alimentos.

La acción del aire, la luz o el calor, provocan que las verduras frescas pierdan progresivamente parte de la vitamina C y los nutrientes que las caracterizan, desde la recolección hasta el consumo. Las condiciones de almacenamiento, transporte y cocinado, tanto en el ciclo de la distribución comercial como de la conservación doméstica, contribuyen en algunos casos a acelerar esta pérdida.

Las pérdidas de la vitamina C son tanto más intensas a temperaturas más altas. Así, las espinacas pierden el 75 % de su contenido inicial de ácido ascórbico en 24 horas a temperatura ambiente, las judías verdes pierden en 18 horas el 8% del ácido ascórbico a 4°C, el 30% a 20°C, y a las 48 horas a 20 °C la pérdida se eleva al 75% de su contenido inicial. Realizando el proceso de forma inmediata comparativamente, el efecto combinado del escaldado y congelación provocan únicamente pérdidas entre el 10 y 30% del ácido ascórbico inicial, dependiendo del producto.

Los factores que frenan el consumo de hortalizas frescas en nuestro país son su carácter perecedero, estacionalidad, su proceso de limpieza y preparación en general incómodo y laborioso, con un bajo rendimiento, lo que hace de extremo interés su adquisición con una preparación y procesado previo.

Entre las tecnologías de procesado de alimentos, la congelación es indudablemente el método más satisfactorio de conservación a largo plazo. Inhibe la actividad de los microorganismos y las bajas temperaturas de conservación ralentizan las reacciones degradativas. La congelación correctamente aplicada a las hortalizas permite mantener sus atributos de calidad y valor nutritivo iniciales. Conservadas correctamente a temperaturas de -18°C o menores mantienen estable su calidad inicial durante largos periodos (entre 18 y 36 meses, según el producto).

La utilización de las verduras congeladas en el hogar, en restaurantes y en colectividades permite una mayor rapidez y comodidad para su preparación y consumo, su disponibilidad de los distintos productos a lo largo de todo el año y con una alta calidad sensorial y nutricional garantizada a un bajo precio.

En la tabla 4, se reporta el valor nutricional de algunas hortalizas importantes por su frecuencia de consumo y producción en nuestro país.

Tabla 4. Valor Nutricional de Algunas Hortalizas (g/100g)

Nutrientes	Calabacita	Tomate	Lechuga	Zanahoria	Papa	Pepino
Energía (Kcal.)	23	21	25	47	77	14
Humedad	94	94	95	81	81	95.2
Fibra dietética	1.5	1.5	1.5	6.3	0.5	0.9
Hidratos de C.	3.7	4.3	4.1	10.5	17.5	2.4
Proteínas	1.8	0.6	1.4	0.6	1.6	0.9
Lípidos	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1

Fuente: I.N.N.S.Z. (2002)

Producción y Comercialización

La Producción y el Comercio de Frutas y Hortalizas

La modernización del comercio hortofrutícola internacional y la concentración de la distribución en los países occidentales, crece continuamente frente a la oferta de los productores, siendo este el escenario en el que se mueven actualmente las frutas y las hortalizas: producción, servicios y comercio.

A nivel mundial se producen anualmente 900 millones de toneladas de frutas y hortalizas. La mitad de esta producción son hortalizas, una tercera parte son frutas y 90 millones de toneladas son cítricos. La producción hortícola a nivel mundial crece un 3% anual. Siendo Asia y Europa los mayores productores. Los italianos, franceses y españoles producen 10% del comercio mundial de las hortalizas y un 8% de las frutas.

El mayor volumen del comercio de frutas y hortalizas se realiza en los países más desarrollados, aunque en las últimas décadas se han ido incorporando nuevos países. Este hecho ha llevado a un comercio internacional en el que intervienen nuevos países productores y exportadores como son: Marruecos, Turquía, Sudáfrica, Chile, Polonia, India, Brasil, México, Nueva Zelanda, Uruguay. Cada uno de estos países utiliza alguna ventaja competitiva para entrar en el mercado europeo o norteamericano de las frutas y hortalizas.(Kader 1992)

Hoy en día es fácil encontrar sandía de Guatemala, aguacate de México o Judía de Zimbabwe en los supermercados Europeos. Es una de las características que el sector agrícola esta asumiendo tras la entrada de grandes operadores internacionales en el sector que son realmente los que dictan las normas de calidad a los productores y los calendarios de exportación. En la mayoría de los casos son los precios la principal ventaja competitiva. En otras ocasiones, es la especialización, como la fresa de Huelva.

En Nueva Zelanda utilizan las nuevas variedades de manzanas y la promoción de kiwi, los italianos, la diversidad de uva, otros, lanzan marcas apoyándose en la identificación varietal como la bouquet en la sandia sin pepitas. Casi siempre la gran ventaja competitiva es la creatividad de los productores como ocurre con ciertas marcas de zanahoria en Estados Unidos.

La producción, comercialización y consumo de frutas y hortalizas en el mundo son cada día mayor y representan un soporte muy significativo para las economías agrícolas y para el mejoramiento de la salud de los consumidores de todo el mundo, y de México en lo particular.

La gran diversidad de condiciones ambientales que tiene la Republica Mexicana y el interés que cada vez más productores y técnicos muestran hacia esta actividad, hacen de México una zona privilegiada para la producción de frutas y hortalizas. Las tecnologías que actualmente se tienen en México para la producción de frutas y hortalizas tanto para el mercado doméstico como para la exportación son de muy buen nivel y competitivas en muchos de los casos cuando los agricultores tienen una mentalidad y organización empresarial y se preocupan por conocer y dominar además el proceso de comercialización relacionado con sus productos. México ocupa un lugar importante en la producción mundial de frutas y hortalizas y particularmente en la exportación de frutas tropicales y subtropicales, así como de un buen número de hortalizas en la temporada de otoño-invierno principalmente hacia Norteamérica y cada vez participando más en los mercados europeos y asiáticos, aunque con unos cuantos productos y con un bajo volumen, comparativamente. (Tapia, 2005).

El consumo de productos obtenidos mediante procesos productivos donde se usen menos pesticidas, y preferentemente producidos en forma orgánica, está creciendo a un ritmo del 10 % de promedio anual en el mundo y en algunos países Europeos alcanza una tasa de crecimiento de alrededor del 50 % en los últimos 5 años.

La posibilidad real de obtener buenos rendimientos de productos sanos y con la calidad que demandan los mercados internacionales, solo la podremos lograr a través de una nutrición adecuada y balanceada de acuerdo a las necesidades presentes durante el desarrollo de los cultivos, y con la aplicación de productos reguladores del crecimiento de origen natural o sintético, los cuales provoquen y apoyen el logro de los cambios esperados en las diferentes etapas fenológicas de los cultivos, ya que con frecuencia las plantas por si mismas no muestran todo su potencial de desarrollo y producción debido a la variabilidad de suelos, y a los cambios frecuentes y comunes de temperatura, radiación, viento y humedad presentes en las condiciones de campo durante el desarrollo de los cultivos, así como por las alteraciones provocadas por el ataque de plagas, enfermedades y competencia de malezas, entre otros factores, que frecuentemente modifican la velocidad y normalidad del crecimiento y desarrollo de los cultivos. (Yañez 2002)

Exportación en México

La exportación de frutas y hortalizas a Estados Unidos data del siglo pasado; sin embargo, no es hasta los años sesenta cuando adquiere un gran dinamismo. Entre 1960 y 1990 la producción de frutas y hortalizas para el mercado nacional y de exportación se ha quintuplicado (CNPH, 1991). Para 1980 el valor de las exportaciones del subsector hortofrutícola fue de 510.3 millones de dólares y representó el 34% de las exportaciones del sector agrícola de México; 18 años después, en 1998, el valor de las exportaciones de este subsector fue de 2, 244.1 millones de dólares y representó el 58 % de las exportaciones del sector (INEGI, varios años. Estadísticas del Comercio Exterior de México).

Actualmente Estados Unidos es el principal destino de las exportaciones hortofrutícolas, ya que a este país se dirigió el 98% de la producción exportada del sector (Bancomext, 1996. En: Tapia 2005).

En Estados Unidos las importaciones de frutas y vegetales, entre 1989 y 1993, satisficieron el 4.3% de su demanda. Las importaciones que hizo ese país en México representaron el 66% del total. La principal estación del año en que se realizan estas importaciones es el invierno (68% en 1994), cuando por razones climáticas no es posible cultivarlos en la mayor parte de las áreas agrícolas de Estados Unidos y los aranceles alcanzan su nivel más bajo. Esta característica hace evidente el carácter complementario de la producción hortofrutícola mexicana y estadounidense.

Es posible identificar tres grandes redes en el desarrollo de la hortofruticultura de exportación en México, las cuales vinculan a los productores mexicanos con las empresas (principalmente estadounidenses) que comercializan sus productos. La primera la desarrollaron los empresarios de Sinaloa y Sonora, en el noroeste de México, en coordinación con los distribuidores de Nogales, Arizona.

La segunda red, la iniciaron los empresarios del sur de Texas, quienes promovieron la siembra de hortalizas y frutas para los mercados estadounidense y Canadiense en regiones agrícolas del occidente, centro, sur y este de México (González y Calleja 1998, En Tapia 2005). Finalmente, la tercera fue promovida, por una parte, por empresarios de San Diego, California, quienes ante la escasez y el encarecimiento del agua de riego cruzaron la frontera con México y formaron “sociedades” (*joint ventures*) con empresarios de San Quintín, Baja California, para continuar con su programa de producción. Por otra parte, los grandes empresarios de Sinaloa -de acuerdo con entrevistas realizadas a algunos de ellos- extendieron su actividad productiva a esta región cercana a la frontera con México-Estados Unidos para cultivar hortalizas -tomate principalmente- en una época distinta a la época en que producen en su estado natal y así incrementaron su presencia en el mercado nacional y de exportación.(OMS, 2003)

Promoción del Consumo de Frutas y Hortalizas

Los mecanismos que conducen a las enfermedades crónicas están bastante claros, habiéndose comprobado que hay intervenciones que reducen el riesgo. El interés está centrado ahora en promover este enfoque en los países en desarrollo, donde se observa un aumento de la prevalencia de ENT (enfermedades no transmisibles). Los expertos aseguran que si se abordan los problemas que plantean las ENT, la salud un día mejorará considerablemente (Nissinen y col., 2001).

La función del régimen alimentario en la prevención y el control de la morbilidad y la mortalidad prematura causadas por las enfermedades no transmisibles está comprobada. Esto requiere un enfoque multidisciplinario con la participación de los diversos sectores pertinentes de la sociedad entre los que el agropecuario y el alimentario son un componente destacado. Las estrategias alimentarias no solo deben estar encaminadas a garantizar la seguridad alimentaria para todos, sino que también tienen que proporcionar el consumo de cantidades y proporciones adecuadas de alimentos inocuos y de buena calidad, que configuren una dieta sana. En consecuencia, conviene examinar las tendencias de las características del consumo en todo el mundo y analizar el potencial del sector agropecuario y alimentario para satisfacer las demandas y afrontar los retos planteados (OMS, 2003).

El programa cinco al día “5 al día”, es una asociación mundial sin ánimo de lucro cuyo fin consiste en fomentar el consumo diario de frutas y hortalizas frescas. “5 al día” es la mayor estrategia de promoción de frutas y hortalizas en el mundo, teniendo en cuenta que los departamentos de salud de casi la totalidad de países de Norteamérica y Europa destinan importantes esfuerzos humanos y económicos en la difusión de las ventajas de consumir al menos 5 raciones diarias de frutas y hortalizas.

Las organizaciones internacionales “5 al día” agrupa a diferentes organizaciones existentes en más de 40 países en los cinco continentes, mismo que desarrollan actividades de promoción de consumo de 5 raciones diarias de frutas y hortalizas frescas de forma global, con resultados contrastados en la modificación de los hábitos alimenticios de los consumidores. El movimiento “5 al día” comenzó a funcionar en Estados Unidos en el años 1991. En Europa, la iniciativa se extendió a diferentes países durante el año 1995, para entrar en España en el 2000. En los Estados Unidos el programa se denomina “the 5 a day for Better Health Program” y es una iniciativa nacional para aumentar el consumo de frutas y hortalizas por parte de todos los americanos, hasta 5 raciones al día, aumentando a 9 para los hombres. El programa persigue lograr esta meta aumentando la conciencia del publico consumidor acerca de la importancia de consumir de 5 a 9 raciones de frutas y hortalizas diariamente para lograr una buena salud, proporcionando además a los consumidores información muy especifica acerca de cómo incluir mas raciones de frutas y hortalizas en sus rutinas y comidas cotidianas, y aumentar su disponibilidad en el hogar, escuela, trabajo y cualquier otro lugar donde se sirvan alimentos. (Tapia, 2005).

Sin duda una de las fortalezas de este tipo de programas de promoción de consumo de frutas y hortalizas la constituye el carácter único de la asociación que establece entre la industria de frutas y hortalizas y el sector de la salud pública. Esta asociación genera una relación ganar-ganar. La industria debe continuar siendo rentable para sobrevivir y esta asociación le representa una oportunidad de aumentar sus ventas (las promociones pueden aumentar las ventas y también el consumo, el cual es siempre más difícil de medir), simultaneo a la promoción de un bien público: el aumento del consumo de frutas y hortalizas. En países latinoamericanos como México, Argentina y Brasil ya se están desarrollando exitosas versiones locales de este programa internacional.(Martinez y col. 2005)

Disponibilidad y Consumo de Frutas y Verduras

Bermudez y Tucker (2003) examinaron las tendencias en consumo de alimentos en América Latina y concluyen que aunque estas tendencias se diferencian en tiempo de ocurrencia y magnitud, los patrones globales son muy consistentes: el consumo de grasas totales, productos animales y azúcares está en aumento y al mismo tiempo se está disminuyendo la ingesta de cereales, frutas y algunos vegetales. Las tendencias generales de ingesta dietaria de los latinoamericanos muestran una reducción en el consumo de frutas y hortalizas y un aumento en el consumo de grasas (especialmente saturadas) y de azúcares. Este menor consumo puede entonces colocar a la población latinoamericana en una mayor situación de riesgo para las enfermedades crónicas (Bermudez, 2003. En: Tapia, 2005.).

El consumo de frutas y hortalizas es fundamental para garantizar una dieta diversificada y nutritiva. Sin embargo, el mismo sigue siendo bajo en muchas regiones del mundo en desarrollo, como lo muestran los resultados de muchas encuestas sobre alimentación. Así, resultados de las encuestas nacionales de consumo de México demuestran que la ingesta *per capita* diaria de frutas y hortalizas por parte de la población rural mexicana disminuyó 4% entre 1979 y 1989 (Ruiz, 1996. En: Tapia, 2005).

En la actualidad, solo una reducida minoría de la población mundial consume las cantidades medias recomendadas de frutas y hortalizas. De acuerdo a las estimaciones de Bermudez y Tucker (2002) a partir de las hojas de balance de alimentos de la FAO en el periodo de 1964 a 1996, las hortalizas, como contribuyentes de la energía total, declinaron en la región Andina, América Central y en el Caribe Latino, son modestos aumentos en el Cono sur, Brasil y México, países en los cuales estos pequeños aumentos se contrarrestaron con disminuciones en la ingesta de raíces feculentas y de frutas. De acuerdo a la OMS (2003), en 1998, solo seis de las 14 regiones de la OMS presentaban una disponibilidad de frutas y hortalizas igual o superior a la ingesta anteriormente recomendada de 400g *per capita* diarios.

La situación relativamente favorable de 1998 parece haber sucedido a las condiciones notablemente menos favorables de años anteriores, como demuestra el gran aumento de la disponibilidad de hortalizas registrada entre 1990 y 1998 en la mayoría de las regiones.

En cambio, la disponibilidad de frutas disminuyó en general entre 1990 y 1998 en la mayoría de las regiones del mundo. La oferta media de hortalizas por persona en el mundo era, en 2000, de 102kg, el nivel más alto correspondió a Asia (116Kg), y los niveles más bajos registrados en América del Sur (48kg) y África (52kg). Estas cifras incluyen también la gran cantidad de productos hortícolas que se consumen en las fincas (<http://www.fao.org>).

El análisis de los datos de FAOSTAT demuestra que la energía alimentaria medida en kilocalorías *per capita* al día ha estado aumentando de forma sostenida a nivel mundial; desde mediados de los años sesenta hasta finales de los noventa, la disponibilidad de calorías *per capita* aumento a nivel mundial en unas 450 kcal/persona/día, y en mas de 600 kcal/persona/día en los países en desarrollo (OMS, 2003).

En la tabla 5, oferta *per capita* de alimentos para el año 2002 comparando los valores entre América Latina y del Caribe y en la tabla 6, se presentan las estimaciones de este aumento calculado a partir de los datos de FAOSTAT 2004.

Resulta evidente que la industria de frutas y hortalizas está confrontando excelentes perspectivas y oportunidades, en cuanto a un movimiento mundial con respaldo científico que estimule y promueva el consumo de frutas y hortalizas. Esto sin duda debe de servir de estímulo para abordar las diversas tecnologías de conservación con enfoques de proceso mínimo. Por otro lado, las tecnologías convencionales pueden ser refinadas y optimizadas para una mayor conservación de las características naturales de las frutas y hortalizas.

Tabla 5. Oferta *per capita* de Alimentos para el año 2002 Comparando los Valores entre América Latina y del Caribe con los Países Industrializados (celdas sombreadas) (FAOSTAT, 2004)

Producto	oferta per capita			
	Kg/año	por día Calorías	Proteínas/g	Grasas/g
Cereales (excepto cerveza)	124	1028	25.3	5.3
	118.2	926	26.2	3.9
Raíces feculentas	52.4	118	1.9	0.3
	63.5	111		
Cultivos Azúcar	2	2	0	0
	0	0	0	0
Azucares y edulcorantes	49.7	478	0.1	0
	49.7	466	0.1	
Legumbres	11.5	107	6.8	0.5
	3.4	31	2	0.2
Oleaginosas	8.5	42	1.7	3.2
	5	50	2.7	3.6
Aceites vegetales	11.3	273	0	30.8
	21.6	506	0.1	57.2
Hortalizas	52.5	38	1.6	0.3
	116.7	78	3.7	0.7
Frutas	103.2	125	1.5	0.9
	101.3	111	1.3	0.7
Estimulantes	4	7	0.9	0.3
	6.9	21	1.3	1.3
Bebidas alcohólicas	40.7	65	0.3	
	97.9	167	0.8	
Carne	61.2	288	21.4	21.7
	93.3	388	31.2	28.2
Grasas origen animal	2.9	56	0.1	6.3
	9.1	150	0.3	16.7
Leche	106.3	167	9.3	9
	219.4	304	18.9	17.9
Huevos	8.2	30	2.2	2
	13.7	53	4.2	3.7
Pescado y productos del mar	9	16	2.5	0.6
	29.4	55	8.1	2.1

Fuente: Tapia MS (2005)

Tabla 6. Aumento de la Oferta *per capita* de Alimentos a Nivel Regional (Kcal./persona/día) .

Región	Años				aumento en oferta
	1963-1972	1973-1982	1983-1992	1993-2002	
Países Desarrollados	3085	3193	3273	3239	154
Países en Desarrollo	2065	2232	2478	2624	559
América Latina y Caribe	2411	2604	2691	2805	394
Europa	3161	3288	3358	3238	77
África	2141	2229	2303	2387	246
Asia	2044	2212	2501	2657	613
América del Norte Desarrollada	2973	3103	3356	3650	677

Fuente: Tapia MS (2005)

Se recomienda un consumo mínimo de 400 gramos de frutas y hortalizas por día para prevenir enfermedades crónicas, en particular las cardiopatías, el cáncer, la diabetes de tipo 2 y la obesidad.

El centro Internacional de Investigaciones sobre el cáncer (CIIC) de la OMS, calcula que el porcentaje de casos de cáncer prevenibles causados por una baja ingesta de frutas y hortalizas oscila entre un 5% y un 12% respecto de todos los cánceres, y entre un 20% y un 30% respecto de los cánceres del tracto gastrointestinal superior (OMS, 2003). En un estudio realizado durante cerca de 20 años, con una cohorte de adultos norteamericanos entre 25-74 años, encontraron que el consumo de hortalizas puede estar inversamente asociado con el riesgo de diabetes *mellitus*, habiéndose observado esto particularmente en aquellos individuos, en su mayoría mujeres, que consumían cinco o mas frutas diariamente.

El análisis de patrones alimentarios constituye un enfoque único para estudiar las relaciones existentes entre dieta y enfermedad. Se han investigado varios patrones, uno de los cuales estaba representado por alimentos cuyas contribuciones energéticas más importantes se derivan de frutas, hortalizas, granos y cereales, y con menores contribuciones de carnes rojas procesadas y salsas que el resto de los patrones estudiados. En contraste, otro patrón alimentario era alto en carnes y bajo en frutas y cereales, mientras que los restantes se caracterizaban por fuentes concentradas de energía: “snack” salados, postres, leche y pan blanco.

El riesgo de adenocarcinoma esofágico se asoció inversamente a la ingesta de productos lácteos, pescados y hortalizas, frutas y sus jugos, y pan negro, mientras que la asociación fue positiva con la ingesta de salsas tipo “gravies”. El riesgo de adenocarcinoma distal de estómago se asoció positivamente con el consumo de carnes rojas. Este estudio sugiere que una dieta alta en frutas y hortalizas pueden disminuir el riesgo de adenocarcinoma esofágico.

En noviembre del año 2003, la OMS y la FAO anunciaron un enfoque unificado para promover un mayor consumo de frutas y hortalizas. La FAO se ha planteado lograr que exista en el mundo entero una mayor conciencia de los beneficios para la salud asociados al incremento del consumo de estos productos. La FAO y la OMS coinciden en que consumir una amplia variedad de frutas y hortalizas ayuda a asegurar una ingesta suficiente de la mayoría de micronutrientes y fibras alimentarias y de toda una serie de sustancias no nutrientes beneficiosas para la salud. Un mayor consumo de los mismos puede ayudar así mismo a desplazar el consumo excesivo de alimentos ricos en grasas, azúcares o sal (FAO Newsroom, 2004).

Contaminación por Microorganismos

Si bien resulta extraordinariamente difícil señalar los orígenes exactos del conocimiento acerca de la presencia y papel que desempeñan los microorganismos en los alimentos, las pruebas que se tienen indican que este conocimiento fue anterior a la consolidación de la bacteriología o de la microbiología como ciencia.

Si se tienen en cuenta los tipos de microorganismos que acompañan a los alimentos de origen vegetal y animal en su estado natural, en tal caso que se pueda predecir los tipos generales de microorganismos que es de esperar se encuentren en un determinado producto alimenticio en una etapa posterior de su existencia.

Es necesario conocer qué microorganismos son los que acompañan a un determinado alimento en su estado natural y cuales de los microorganismos presentes no son normales para este alimento en concreto. Por consiguiente, es valioso conocer la distribución general de las bacterias en la naturaleza así como los tipos de microorganismos normalmente presentes bajo las condiciones dadas en las que se elaboran y se manipulan los alimentos. (James 1994).

A continuación en la tabla 7, se relacionan en orden alfabético algunos de los géneros importantes que se sabe se encuentra en los alimentos. Algunos de ellos son deseables en determinados alimentos.

Tabla 7. Microorganismos Importantes en los Alimentos.

B a c t e r i a s		
Acinetobacter	Enterobacter	Pediococcus
Aeromonas	Erwinia	Proteus
Alcaligenes	Escherichia	Pseudomonas
Alteromonas	Flavobacterium	Psychrobacter
Bacillus	Hafhia	Salmonella
Brochothix	Lactococus	Serratia
Campylobacter	Lactobacillus	Shewanella
Carnobacterium	Leuconostoc	Shigella
Citrobacter	Listeria	Staphylococcus
Clostridium	Micrococcus	Vagococcus
Corynebacterium	Morasella	Vidrio
Enterococcus	Pantoea	Yersinia
M o h o s		
Alternaria	Cladosprium	Mucor
Aspergillus	Colletotrichum	Penicillum

Aureobasidium	Fusarium	Rhizopus
Botrytis	Geotrichum	Trichothecium
Byssosclamyces	Monilia	Walllemia
		Xeromyces
Levaduras		
Brettanomyces	Issatckenia	Schizosaccharomyces
Candida	Kluyveromyces	Torulaspora
Cryptococcus	Pichia	Trichosporon
Hanseniaspora	Saccharomyces	Zygosaccharomyces
Fuente: James (1994)		

Microorganismos

Son organismos vivos diminutos, presentes en todos los lugares normales, capaces de crecer y multiplicarse bajo condiciones apropiadas. Estas condiciones las cumplen generalmente todas las clases de alimentos almacenados. Si se permite su multiplicación pueden alterar el alimento y podría peligrar la salud del consumidor. Aunque unos pocos tipos de microorganismos representan un riesgo sanitario potencial cuando alteran el alimento, otros tienen un valor comercial muy importante en la preparación de alimentos fermentados tales como queso, yogurt, vinagre y, por supuesto, pan.

Los microorganismos con importancia bajo el punto de vista de la alteración de los alimentos se dividen en tres grupos principales: bacterias, levaduras y mohos. Aunque los tres grupos pueden alterar los alimentos, tan solo ciertos tipos de bacterias pueden provocar intoxicaciones alimenticias.

Bacterias

Son microorganismos unicelulares tan pequeños que únicamente son visibles con el microscopio. Aunque la mayoría de las bacterias crecen mejor con temperaturas entre 20° y 40°C, algunas bacterias que provocan intoxicaciones alimenticias pueden multiplicarse a las temperaturas de refrigeración. Sin embargo, son destruidas con temperaturas próximas al punto de ebullición del agua, 100°C. Algunas bacterias producen células sumamente resistentes, llamadas esporas, capaces de sobrevivir a la ebullición durante varias horas, aunque son destruidas por temperaturas en la región de los 115°C, para cuya consecuencia se precisa una olla de presión.

La refrigeración reduce la velocidad del crecimiento bacteriano y con las temperaturas más bajas de un congelador casero las bacterias quedan virtualmente inactivas. Resulta vital manipular todos los alimentos con sumo cuidado, asegurándose que se han limpiado perfectamente todos los recipientes y utensilios y que la preparación de los alimentos que se van a congelar se realiza en condiciones higiénicas.

Una vez sacado el alimento del congelador se tratará exactamente igual que un producto fresco y perecedero. Entre las bacterias más importantes que pueden provocar enfermedades producidas por alimentos figuran especies de *Salmonella*, *Listeria*, *Staphylococcus*, *Bacillus cereus* y *Clostridium*, todas pueden contaminar al alimento en el suelo en otros lugares, o proceder de las manos de las personas que preparan el alimento. En algunos casos las propias bacterias, al multiplicarse en el interior del cuerpo, son responsables de la intoxicación por alimentos. Estos gérmenes pueden ser destruidos por el calor apropiado, siempre que sean seguidas cuidadosamente las instrucciones.

Entre el género *Clostridium botulinum* es el microorganismo más importante de los que provocan intoxicación por alimentos ya que produce una toxina sumamente peligrosa y letal, que provoca una enfermedad llamada botulismo. Es muy importante destruir este germen rápidamente e impedir su multiplicación en cualquier fase, aunque las dificultades aumenten en este caso porque *Clostridium botulinum* es un microorganismo formador de esporas. (Díaz-Cinco 2005).

Levaduras

Aunque de mayor en tamaño que las bacterias, las levaduras son organismos unicelulares microscópicos, capaces de multiplicarse en un gran número de alimentos. Crecen bien en medios ácidos y son particularmente eficaces para la fermentación de azúcares (de ahí el empleo de levaduras en los procesos de vinificación). Las levaduras inactivadas por el frío virtualmente paralizan su actividad bajo congelación, por lo que resulta escaso el riesgo de alteración de los alimentos congelados. (Southgate, 1992).

Hay muchas especies de levaduras. La más comúnmente conocida es *Saccharomyces cerevisiae* la cual es utilizada en la industria panadera y en la elaboración de la cerveza.

Las levaduras también juegan un papel importante en la producción de otros productos como el vino y el kefir. La mayoría de las levaduras usadas en la industria alimentaria son de forma redonda y se dividen produciendo pequeños brotes. Esta producción de brotes es una característica utilizada para reconocerlas a través del microscopio, ya que, durante el brote, las células poseen una forma de ocho. (www.food-info.net). Las levaduras que se encuentran en los alimentos pueden ser beneficiosas o perjudiciales. Las fermentaciones producidas por levaduras intervienen en la elaboración de alimentos como el pan, la cerveza, los distintos tipos de vino, el vinagre y los quesos de maduración extrema, cultivándose también para obtener enzimas y alimentos. (Frazier 2003).

Caracteres generales de las levaduras

Las levaduras se clasifican principalmente en base a sus caracteres morfológicos, aunque, para el tecnólogo de alimentos, sus propiedades fisiológicas tienen mayor

importancia. Los caracteres morfológicos de las levaduras se determinan mediante su observación microscópica. La forma de las levaduras puede ser desde esférica a ovoide, alimonada, periforme, cilíndrica, triangular, e incluso alargada constituyendo un verdadero micelio o un falso micelio. También se diferencian en cuanto a su tamaño. Son partes observables de su estructura, la pared celular, el citoplasma, las vacuolas de agua, los glóbulos de grasa, y gránulos, los cuales pueden ser metacromáticos, de albúmina o de almidón.

Clasificación e identificación de las levaduras

Las levaduras verdaderas se incluyen en la subdivisión *Ascomycotina*, incluyéndose las falsas en la subdivisión *Fungi imperfecti* o *Deuteromycotina*. En la obra de Barnett y otros (1983) se pueden encontrar más datos acerca de la clasificación e identificación de las levaduras. Ciertas levaduras figuran en realidad en dos géneros diferentes teniendo en cuenta que se producen sexualmente. En la tabla 8, se citan varios ejemplos de estas levaduras, con sus denominaciones equivalentes.

Tabla 8. Denominaciones Equivalentes de Algunas Levaduras

Fase diploide perfecta (sexual)	Fase haploide imperfecta (asexual)
Kluyveromyces marxianus (sin. K. fragilis y Saccharomyces fragilis)	Candida kefyr (sin. C. pseudotropicalis)
Kluyveromyces marxianus var. Lactis (sin. Saccharomyces lactis)	Candida spaerica (sin. Torulopsiscandida)
Debaryomyces hansenii	Candida famata (sin. Torulopsiscandida)

Pichia burtonii

Candida famata
(sin. *Torulopsiscandida*)

Fuente: Basada en Lodder, 1984 (Frazier 2003.)

Los principales criterios utilizados para la clasificación e identificación de las levaduras son los siguientes:

- 1) Si producen, o no, esporas
- 2) Si son esporógenas:
 - a) La forma de producción de las ascoporas:
 - 1) Producidas sin conjugación de las células de la levadura (mediante partenogénesis). Una vez producidas las esporas pueden tener lugar: a) la conjugación de las esporas, o b) la conjugación de las células hijas de escaso tamaño.
 - 2) Producidas por conjugación isogámica (las células que se conjugan parecen semejantes).
 - 3) Producida por conjugaciones heterogámica (las células que se conjugan tienen distinto aspecto).

- b) Aspectos de las ascoporas: forma, tamaño y color. La mayoría de las esporas son esferoidales u ovoides.
- c) Numero habitual de las ascoporas por asca: una, dos, cuatro u ocho.
- 3) Aspectos de las células vegetativas: forma, tamaño, color, inclusiones.
- 4) Forma de reproducción asexual:
 - a) Gemación
 - b) Fisión
 - c) Germinación y fisión combinadas
 - d) Artrosporas (oidios).
- 5) Producción de micelio, de unseudomicelio, o no producción de micelio.
- 6) Crecimiento en forma de película en las superficies de los líquidos (levaduras formadoras de película), o crecimiento en toda la masa de los medios líquidos.
- 7) Color del incremento microscópico.
- 8) Propiedades fisiológicas (utilizadas principalmente para identificar las especies, o las cepas de una determinada especie):
 - a) Fuentes de nitrógeno y de carbono.
 - b) Necesidades de vitaminas.
 - c) Oxidativas o fermentativas: las levaduras formadoras de película son oxidativas; las demás levaduras pueden ser fermentativas, o fermentativas y oxidativas al mismo tiempo.
 - d) Lipólisis, actividades ureásica, producción de ácidos, y producción de compuestos amielados.

Mohos

Los mohos son mayores y de estructura mas compleja que las bacterias y las levaduras o fermentos, aunque sus primeras fases de desarrollo son igualmente difíciles de detectar. Los hongos empiezan a crecer como un hilo fino, conocido con el nombre de hifa y

según avanza su desarrollo estas hifas se entrelazan formando los micelios, que dan el aspecto característico a la superficie “alimentos enmohecidos”. Al igual que sucede con bacterias y levaduras, el crecimiento de los hongos se interrumpe con las temperaturas del congelador casero aunque, de la misma forma que ocurre con otros microorganismos, su crecimiento se reanuda de nuevo cuando aumenta la temperatura al descongelarse el alimento. La importancia de los hongos en la conservación de los alimentos se debe principalmente a la alteración que provocan; sin embargo, deben rechazarse los alimentos enmohecidos. (Southgate,1992).

Los mohos crecen en la superficies de los alimentos con su típico aspecto aterciopelado o algodonoso, a veces pigmentado, y que generalmente todo alimento enmohecido “florecido” se considera no apto para el consumo. Determinadas especies de los mismos son útiles en la elaboración de ciertos alimentos o de componentes de los mismos.

Caracteres Generales de los Mohos

El término moho se suele aplicar para designar a ciertos mohos filamentosos multicelulares cuyo crecimiento en las superficies de los alimentos se suelen reconocer fácilmente por su aspecto.

Las partes principales de su crecimiento suelen tener un aspecto blanco, aunque pueden tener colores distintos, color oscuro o color de humo. En los mohos adultos de algunas especies las esporas de color verde, las cuales pueden comunicarse su color aparte o a todo el crecimiento.

Clasificación e Identificación de los Mohos

Los mohos son vegetales del reino Myceteae. Pertenecen a los Eumycetes, u Mohos verdaderos, y posteriormente se subdividen en subdivisiones, clases, órdenes, familias y géneros.

Los principales criterios descritos para identificar y clasificar a los mohos son los siguientes:

- 1) Hifas septadas o no septadas.
- 2) Micelio transparente u oscuro (color del humo)
- 3) Micelio colorado o incoloro
- 4) Si se producen esporas sexuales y el tipo de las mismas: oosporas, zigosporas o ascosporas.
- 5) Tipos de esporas sexuales: esporangiosporas, conidios, o artrosporas (oidios)
- 6) Caracteres de la cabeza esporal
 - a) Esporangios: tamaño, color, forma y situación
 - b) Cabezas esporales que poseen conidios: conidios simples, cadenas de conidios, conidios gemantes, o acúmulos de conidios; forma y disposición de los esterigmas o fiálides; conidios unidos entre sí por una sustancia gomosa
- 7) Aspectos de los esporangióforos o conidióforos; simples o ramificados y, si son ramificados, tipo de ramificación; tamaños y formas de la columela existente en el extremo del esporangióforo; conidióforo separados o formando haces.
- 8) Aspectos microscópicos de las esporas sexuales, sobre todo de los conidios: forma, tamaño, color; lisos o rugosos; monocelulares, bicelulares o pluricelulares
- 9) Existencia de estructuras especializadas (o esporas): estolones, rizoides, células basales, apófisis, clamidosporas, esclerosios, etc. (Southgate,1992).

Factores Físicos y Químicos que Influyen en el Crecimiento Bacteriano.

- ✓ Temperatura
- ✓ Actividad del agua (aw)
- ✓ pH
- ✓ Potencial redox

Temperatura

Cada microorganismo tiene una [temperatura](#) de crecimiento adecuada. Si consideramos la variación de la velocidad de crecimiento en función de la temperatura de cultivo, podemos observar una temperatura mínima por debajo de la cual no hay crecimiento; a temperaturas mayores se produce un incremento lineal de la velocidad de crecimiento con la temperatura de cultivo hasta que se alcanza la temperatura óptima a la que la velocidad es máxima. Por encima de esta temperatura óptima, la velocidad de crecimiento decae bruscamente y se produce [la muerte](#) celular.

El aumento de la velocidad de crecimiento con la temperatura se debe al incremento generalizado de la velocidad de las reacciones enzimáticas con la temperatura. Se denomina coeficiente de temperatura a la relación entre el incremento de la velocidad de reacción y el de temperatura. En términos generales, la velocidad de las reacciones bioquímicas suele aumentar entre 1.5 y 2.5 veces al aumentar 10°C la temperatura a la que tienen lugar.

La falta de crecimiento a temperaturas bajas se debe a la reducción de la velocidad de las reacciones bioquímicas y al [cambio](#) de [estado](#) de los [lípidos](#) de la membrana celular que pasan de ser fluidos a cristalinos impidiendo el funcionamiento de la membrana celular.

La muerte celular a altas temperaturas se debe a la desnaturalización de proteínas y a las alteraciones producidas en las membranas lipídicas a esas temperaturas. Es importante tener en cuenta que a temperaturas bajas, el metabolismo celular es lento y las células paran de crecer; aunque suelen morir.

Sin embargo, cuando la temperatura es superior a la óptima, se produce la muerte celular rápidamente y las células no pueden recuperar su capacidad de división si baja posteriormente la temperatura. Esto permite esterilizar por [calor](#) y no por frío. A continuación se muestra la tabla 9, donde se observan los tipos de microorganismos en función de sus temperaturas de crecimiento. (Freeman, 1998.)

Tabla 9. Tipos de Microorganismos en Función de su Temperatura de Crecimiento en °C.

Tipo de Microorganismo	Temperatura	Temperatura	Temperatura
-----------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------

	Mínima	Optima	Máxima
Mesófilo	5 – 15	30 – 45	35 – 47
Psicrófilo	-5 + 5	12 – 15	15 – 20
Psicrótrofo	-5 + 5	25 – 30	30 – 35
Termófilo	40 – 45	55 – 75	60 – 90

Fuente: Freeman, 1998.

Los microorganismos psicrótrofos son mesófilos que pueden crecer a temperaturas bajas. Por tanto, se les puede considerar como psicrófilos facultativos. Esto es importante desde el punto de vista aplicado porque cuando se encuentran contaminando [alimentos](#), son capaces de crecer en condiciones de [refrigeración](#) (4 - 8°C) y de producir enfermedades en los consumidores del alimento (30 - 35 °C). Desde el punto de vista clínico, los microorganismos capaces de producir infecciones e intoxicaciones en pacientes son los mesófilos y algunos psicrótrofos ya que sus temperaturas óptimas de crecimiento coinciden con las corporales.

Actividad de [Agua](#) (aw)

Se denomina actividad de agua a la relación entre la [presión](#) de vapor de agua del substrato de cultivo (P) y la presión de vapor de agua del agua pura (P0). El [valor](#) de la actividad de agua está relacionado con el de la humedad relativa (HR).

El valor de la actividad de agua nos da una idea de la cantidad de agua disponible metabólicamente. Por ejemplo: comparemos [el agua](#) pura donde todas las moléculas de agua están libremente disponibles para [reacciones químicas](#) con el agua presente en una disolución saturada de sal común (NaCl) donde una parte importante de las moléculas de agua participa en la solvatación de los iones de la sal disuelta. En este último caso, la actividad de agua es mucho menor que en el primero. Conforme aumenta la cantidad de solutos en el medio, disminuye su actividad de agua.

El agua es un sustrato en muchas reacciones bioquímicas (proteasas y lipasas, por ejemplo). Cuando no hay agua disponible, estas reacciones se detienen y el metabolismo se detiene. Esta falta de agua también detiene muchas de las [enzimas](#) que podrían degradar las [estructuras](#) biológicas. Por ello, las células que no crecen por falta de agua no mueren rápidamente: los sistemas de degradación tampoco funcionan y no las degradan. Es decir, cuando un microorganismo se encuentra en un sustrato con actividad de agua menor que la que necesita, su crecimiento se detiene.

Esta detención del crecimiento no suele llevar asociada la muerte del microorganismo, sino que éste se mantiene en condiciones de [resistencia](#) durante un tiempo más o menos largo. En el caso de las esporas, la fase de resistencia puede ser considerado prácticamente ilimitada.

La gran mayoría de los microorganismos requiere valores de actividad de agua muy altos para poder crecer. [Los valores](#) mínimos de actividad para diferentes tipos de microorganismos son, a título orientativo, los siguientes: bacterias $a_w > 0.90$, levaduras $a_w > 0.85$, hongos filamentosos $a_w > 0.80$.

Como puede verse, los hongos filamentosos son capaces de crecer en sustratos con actividad de agua menor o más secos de la que permite el crecimiento de bacterias o de levaduras. Por esta razón se puede producir deterioro de alimentos de baja actividad

de agua (por ejemplo, el queso o almíbares) por mohos (hongos filamentosos) y no por bacterias.

En función de su [tolerancia](#) a ambientes con baja aw, los microorganismos que pueden crecer en estas condiciones se clasifican en halotolerantes, halófilos y xerófilos según toleren o requieran condiciones salinas o hipersalinas, respectivamente. La reducción de la actividad de agua para limitar el crecimiento bacteriano tiene importancia aplicada en [industria](#) alimentaria. La utilización de almíbares, salmueras y salazones reduce la actividad de agua del alimento para evitar su deterioro bacteriano. (<http://www.viatusalud.com>)

pH

Es un parámetro crítico en el crecimiento de microorganismos ya que cada tipo de microorganismo tiene un rango de [pH](#) en el que puede vivir adecuadamente, fuera de este rango muere. El pH intracelular es ligeramente superior al del medio que rodea las células ya que, en muchos casos, la obtención de energía metabólica depende de la existencia de una diferencia en la concentración de protones a ambos lados de la membrana citoplásmica.

El pH interno en la mayoría de los microorganismos está en el rango de 6,0 a 8,0. Los rangos de pH tolerables por diferentes tipos de microorganismos son, también, distintos. Hay microorganismos acidófilos que pueden vivir a pH=1.0 y otros alcalófilos que toleran pH=10.0.

Hay que considerar que, como consecuencia del metabolismo, el pH del medio de crecimiento suele tender a bajar durante el cultivo. Por otra parte, la disminución del pH del medio que producen ciertos microorganismos les confiere una ventaja selectiva frente a otros competidores. Así, por ejemplo, las bacterias lácticas que producen grandes cantidades de ácido láctico como consecuencia de su metabolismo primario reducen el pH del medio a valores inferiores a los soportables por otras bacterias

competidoras (llegan a bajar el pH del medio hasta 4.5). De esta forma, las bacterias competidoras mueren y las lácticas se convierten en la población dominante.

La bajada del pH se puede deber a varios factores, uno de los cuales es la liberación de [ácidos](#) orgánicos de cadena corta (fórmico, acético, láctico) por ciertas bacterias. En este sentido, hay que tener en cuenta que la acción bactericida de estos ácidos orgánicos de cadena corta es más potente que la debida únicamente a la disminución del pH que producen. Esto es, los ácidos orgánicos de cadena corta son tóxicos para algunas bacterias por sí mismos.

El efecto letal del pH ácido sobre los microorganismos tiene aplicación en la conservación de alimentos acidificándolos. De esta forma, la adición de ácido acético en forma de vinagre permite la conservación de alimentos perecederos (escabeches, por ejemplo) y la producción de ácidos en el curso de fermentaciones naturales permite alargar la vida de los alimentos (coles fermentadas, por ejemplo). En la tabla 10, se muestran los valores de pH aproximados de algunas hortalizas frescas.(James 1994).

Tabla 10. Valores de pH Aproximados de Algunas Hortalizas Frescas.

Producto	pH
Hortalizas	
Espárragos (yemas y tallos)	5.7 - 6.1
Judías (verdes y de lima)	4.6 -6.5
Remolacha (azucarera)	4.2-4.4
Brócoli	6.5
Coles de Bruselas	6.3
Col (verde)	5.4-4.4

Zanahorias	4.9-5.2; 6.0
Coliflor	5.6
Apio	5.7-6.0
Maíz (dulce)	7.3
Berenjena	4.5
Lechuga	6.0
Aceitunas	3.6 - 3.8
Cebollas rojas	5.3 - 5.8
Perejil	5.7 - 6.0
Patatas (tubérculos y boniatos)	5.3- 5.6
Calabaza	4.8 -5.2
Espinacas	5.5 - 6.0
Tomates	4.2-4.3

Fuente: James (1994)

Potencial Redox

Nos indica la capacidad del substrato para aceptar o donar electrones, esto es: sus características oxidantes o reductoras. Uno de los factores que intervienen en el potencial redox, aunque no el único, es la concentración de oxígeno [O₂]. Hay microorganismos que requieren ambientes oxidantes para crecer, mientras que otros necesitan ambientes reductores. El metabolismo de ambos tipos de microorganismos presenta diferencias notables. El requerimiento de condiciones oxidantes o reductoras no debe confundirse con la necesidad de presencia o ausencia de oxígeno para que se produzca el crecimiento.

En general, cuando un microorganismo requiere un [ambiente](#) oxidante se dice que desarrolla un metabolismo oxidativo (o respirativo) mientras que los microorganismos que requieren ambientes reductores (o menos oxidantes) realizan un metabolismo fermentativo.

Un microorganismo es aerobio cuando necesita oxígeno para vivir y es anaerobio cuando o bien no lo necesita (anaerobios facultativos como las bacterias entéricas, o como *Saccharomyces cerevisiae*; o anaerobios aerotolerantes como las bacterias lácticas) o cuando muere en presencia de oxígeno (anaerobios estrictos como el género *Clostridium*.).

Hay microorganismos que, aunque viven en presencia de oxígeno, no son capaces de utilizarlo como aceptor final de electrones y deben desarrollar un metabolismo fermentativo (los estreptococos, por ejemplo). Por otra parte, hay microorganismos que pueden desarrollar ambos tipos de metabolismo. Esto es: en presencia de oxígeno desarrollan un metabolismo oxidativo y en su ausencia, fermentativo. El rendimiento de los [procesos](#) fermentativos es menor que el de los respirativos: las bacterias y las levaduras producen menos biomasa cuando crecen fermentando que cuando lo hacen respirando.

En el curso de ciertas reacciones metabólicas redox se forman compuestos altamente reactivos (radicales libres, formas superóxido) que pueden dañar las proteínas, membranas y ácidos nucleicos produciendo la muerte de las células.

Las células se defienden de estos compuestos reactivos mediante las enzimas de: superóxido dismutasa (SOD) y catalasa.

Los anaerobios estrictos carecen de SOD y de catalasa o tienen niveles muy bajos de estas enzimas de forma que no pueden sobrevivir en presencia de oxígeno. La detección de estas enzimas tiene valor taxonómico. (Freeman, 1998).

Otros Contaminantes

Aguas Residuales

Cuando en el abono de los cultivos se utilizan aguas residuales domésticas sin tratar, existe la posibilidad de que los alimentos vegetales recién cosechados estén contaminados por microorganismos patógenos para el hombre, sobre todo por aquellos que producen trastornos gastrointestinales. También los pueden contaminar otros microorganismos de esta misma procedencia, como por ejemplo bacterias coliformes, bacterias anaerobias, enterococos, otras bacterias intestinales y virus.

Las aguas residuales tratadas que van a parar al suelo o al agua también aportan microorganismos, aunque, en comparación con las aguas residuales no tratadas, deben contener una menor cantidad total de microorganismos y un menor número de patógenos. (Frazier, 2003).

Suelo

El suelo contiene la mayor variedad de microorganismos procedentes de todas las fuentes de contaminación. En los suelos fértiles, no solo existen gran número de especies de microorganismos, sino que también existen un elevado número total de los mismos, dispuestos a contaminar la superficie de las plantas que crecen sobre el o en su interior y en la superficie de los animales que se desplazan sobre la tierra firme.

Son especialmente importantes algunos mohos y levaduras y algunas especies de los géneros bacterianos bacillos, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* y *Acetobacter*, y también algunas bacterias superiores como son los actinomicetos y las bacterias ferruginosas. (Frazier, 2003).

Agua

Las aguas naturales no solo contienen su propia flora microbiana, sino que también contienen microorganismos procedentes del suelo y posiblemente microorganismos procedentes de los animales y de las aguas residuales. Las especies bacterianas existentes en las aguas naturales son principalmente especies de los géneros *Pseudomonas*, *Chromobacterium*, *Proteus*, *Micrococcus*, *Bacillos*, *Streptococcus* (*Enterococos*), *Enterobacter*, *Escherichia*.

El ingeniero de alimentos esta interesado en dos aspectos de la bacteriología del agua: (1) aspectos de salud pública y (2) aspectos económicos. Se realiza la cloración

del agua de bebida cuando existe cualquier duda acerca de su calidad sanitaria oscilando la proporción final de cloro en el agua entre 0,025 y 2 o más partes por millón de cloro libre según la composición del agua y su grado de contaminación. El agua debe tener un sabor, un olor, un color, una transparencia, una composición química y un contenido aceptable de bacterias; así mismo, su composición química debe ser constante. La composición química depende de su grado de dureza y de su alcalinidad, así como de su contenido de materia orgánica, de hierro, manganeso y de flúor.

Aire

La contaminación de los alimentos por el aire puede tener importancia tanto por razones higiénicas como por razones económicas. Los microorganismos patógenos, en especial los que producen infecciones respiratorias, pueden ser transmitidas a los empleados por el aire, o bien pueden contaminar los alimentos. Los microorganismos que alteran los alimentos pueden tener su origen en el aire, lo mismo que aquellos que perjudican a las fermentaciones. Las esporas de mohos del aire pueden representar un inconveniente en el queso, en la carne, en la leche condensada azucarada, en el pan en rebanadas y en las lonchas de bacon. (Frazier, 2003).

Brotes Epidémicos Asociados al Consumo de Vegetales

La contaminación de los alimentos es el resultado de la falta de infraestructura sanitaria y de una higiene adecuada, así como de malas prácticas de manejo del producto entre otros.

Actualmente se han presentado casos de enfermedades infecciosas causadas por el consumo de hortalizas frescas y procesadas, que han sido contaminadas por microorganismos patógenos. Tal es el caso de espinacas, lechugas y jugo de zanahorias. Esto pudiera deberse a la contaminación de las aguas de riego y a la poca eficiencia en las técnicas de desinfección aplicadas para el control microbiano durante el lavado de

las hortalizas, a la higiene de las hortalizas y al manejo durante la distribución y almacenamiento de los productos. Por ello, próximamente será obligatorio realizar análisis microbiológicos para cumplir con los requerimientos de calidad que marca la Secretaría de Salud de México.

La incidencia de enfermedades infecciosas causadas por *Salmonella*, *Compilabacter* y *Escherichia coli* 0157:H7 asociadas a la contaminación de los alimentos está aumentando en los países industrializados. Los reportes de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Señalan que los siete principales patógenos que suelen encontrarse en los alimentos son: *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *E. Coli* 0157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Stapylococcus aureus* y *Toxoplasmodium gondii*. Causan en los Estados Unidos entre 3.3 y 12.3 millones de casos de infección provocando pérdidas económicas anuales que oscilan entre 6.5 y 34.9 miles de millones de dólares (OMS, 1997).

Publicaciones recientes (Vernon y col., 2001; Dentiger y col., 2001 MMWR, 2002; FDA, 2003) de brotes de enfermedades transmitidas por frutas y hortalizas frescas en los Estados Unidos, que en ocasiones han provocado la muerte de algunos consumidores, han relacionado al cebollín, al melón cantaloupe y al cilantro, entre otros, con brotes de salmonelosis y hepatitis tipo A.

Se ha señalado al agua, las condiciones de higiene en el cultivo, al personal; así como las prácticas del manejo poscosecha de los productos agrícolas, como las principales causas de contaminación de estos productos.

En el caso de los brotes de *Salmonella poona* durante el periodo 2000-2002 en los Estado Unidos de América se involucró al melón cantaloupe Mexicano, considerando que la contaminación a los frutos con este tipo de *Salmonella*, asociada a la exposición a reptiles, ocurrió en el campo de cultivo llevando la contaminación a los equipos en el empaque y contaminando el agua de lavado de la fruta, favoreciendo la dispersión del patógeno (MMWR, 2002). En respuesta a estos brotes consecutivos, la comercialización de este productos a los Estados Unidos se suspendió temporalmente,

mediante una alerta emitida por la Food and Drug Administration (FDA) para detener la entrada de este producto al interior de ese país (FDA, 2002).

En las tablas 11 y 12, se reportan los agentes patógenos y brotes epidémicos asociados al consumo de vegetales.

Tabla 11. Brotes Recientes de Enfermedades Transmitidas por los Alimentos Asociados a los Productos Agrícolas Frescos en los Estados Unidos (University of Maryland, 2002: MMWR, 2002: FDA, 2003).

Año	No. De casos	No. De Estados, de los Estado Unidos Involucrados	Patógeno Involucrado	Alimento Asociado
2003	6	5	<i>Hepatitis A</i>	Cebollin
2001-2002	155	12 y Canadá	<i>Salmonella ponna</i>	Melón
200	86	8	<i>Salmonella</i>	Tomate
1998	>400	3	<i>Shigella</i>	Perejil
1997	860	14	<i>Cyclospora</i>	Frutilla
1997	305	3	<i>Cyclospora</i>	Albahaca
1996	49	2	<i>E. Coli O157:H7</i>	Hoja de lechuga
1996	72	2	<i>Shigella</i>	Chayote
1996	1500	20	<i>Cyclospora</i>	Frambuesa
1993	84	3	<i>Salmonella</i>	Tomate
1991	400	23	<i>Salmonella</i>	Melón

Fuente: Martínez-Téllez (2005)

Tabla. 12 Agentes Patógenos, Sintomatología y Brotes Epidémicos Asociados al Consumo de Vegetales.

Agente Etiológico	Síntomas	Brotes Ocasionados	Referencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Gastroenteritis, vómito, diarrea	Champiñones en bolsa con sal. Naranjas peladas	IFT/ FDA, 2001
<i>Listeria monocytogenes</i>	Gastroenteritis leve, meningitis, bacteremia y aborto	pepinos, nopales, papas, rabanos y hortalizas cortadas para ensaladas	Heisick y col.,1989; Harvey y col., 1993
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	Diarreas, severa, síndrome urenico, hemolítico	Hortalizas en barras de ensaladas, frutas cortadas y jugos de los mismos	Beuchat, 1996; McCarthy, 1996
<i>Yersinia enterocolítica</i>	Diarrea, dolor abdominal y fiebre semejante a apendicitis	Frijoles germinados, zanahorias ralladas	Catteau y col., 1985; Harris y col., 1985
<i>Salmonella</i> sp	Diarrea, dolor abdominal, fiebre y vómito	Lechuga, diversas hortalizas y melones	Little y col., 1999 Harris y col., 2003
<i>Shigella</i> sp	Disenteria (diarrea sanguinolenta), dolor abdominal y vomito	Lechuga, hortalizas y melones	Little y col., 1999 Harris y col., 2003
<i>Clostridium botulinum</i>	Diarreas, calambres abdominales	Repollo, ajo picado, calabaza, cebollas y champiñones	Solomon y col.,1990
<i>Clostridium perfringens</i>	Diarrea, dolor abdominal severo	Hortalizas precortadas germinados y ensaladas	IFT/FDA, 2001
<i>Bacillus cereus</i>	Diarrea leve, vómito	Hortalizas precortadas germinados y ensaladas	IFT/FDA, 2001
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrea, dolor abdominal	Hortalizas, ensaladas y frutos	IFT/FDA, 2001; Quiroz y col., 2000

Fuente: James (1994)

Enfermedades no Transmisibles y su Relación con el Régimen Alimentario

La existencia de una película creciente de enfermedades crónicas, llamadas también enfermedades no transmisibles (ENT), ha sido reconocida científicamente y puede llegar a representar la carga de morbilidad más importante para los países industrializados y los desarrollados. La obesidad, la diabetes mellitus, las enfermedades cerebrovasculares, algunos tipos de cáncer, la osteoporosis, enfermedades dentales, etc., son causas cada vez más importantes de discapacidad y muerte prematura tanto en los países en desarrollo como en transición, lo que supone una carga adicional para los sistemas nacionales de salud (OMS,2003).

Las ENT fueron responsables de casi 60% de las 56.5 millones de muertes registradas en el mundo en el año de 2001 y del 46% de la carga mundial de morbilidad. Esta epidemia está relacionada con los cambios de los hábitos alimenticios y con modos de vida poco saludables o bien en ambientes físicos o sociales adversos. En el año 2002 se realizó la consulta Mixta de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), de Expertos en régimen alimentario, nutrición y prevención de enfermedades crónicas que dio origen al informe técnico “Dieta y Prevención de Enfermedades Crónicas” (OMS, 2003).

Aplicación de Sanitizantes

Aspectos Generales

La inocuidad de frutas y hortalizas frescas es un tema que preocupa tanto a los productores, a las agencias de salud y a los consumidores. Debido a los brotes de enfermedades transmitidas por alimentos, actualmente se trata de mejorar las técnicas de descontaminación tradicionales y se buscan nuevos procesos más eficientes. (Pirovani, 2006).

La calidad y seguridad microbiológica de los productos vegetales frescos es un aspecto esencial en su procesamiento y distribución. Su contaminación con microorganismos patógenos pueden ocurrir en cualquier punto entre el cultivo y el consumo de los mismos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el prevenir la contaminación es la estrategia más efectiva para el control de la transmisión de enfermedades y es preferible a la utilización de sanitizantes una vez contaminado el producto (Beuchat, 1998).

Los tratamientos sanitizantes se aplican para eliminar o al menos reducir significativamente la presencia de células vegetativas de organismos de importancia para la salud pública. Entre los organismos patógenos aislados de frutas y hortalizas asociadas a brotes de enfermedades se encuentra *Escherichia coli* 0157:H , varias especies de *Salmonella* y *Shigella*, *Cyclospora cayetanensis*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, y algunos virus de hepatitis A y los norovirus (Beuchat, 1996).

Un simple lavado con agua prolonga la vida útil de la mayoría de las hortalizas frescas al remover mecánicamente parte de los microorganismos presentes en la superficie siempre y cuando el agua este libre de contaminación adicional y de altos niveles de materia orgánica (Sapers, 1999).

Cabe señalar a la vez que los sanitizantes aprobados para la desinfección de hortalizas frescas son altamente efectivos en inactivar los microorganismos en el agua de lavado, y por lo tanto juegan un papel esencial en la prevención de la contaminación microbiana cruzada entre productos en operaciones donde se reutiliza dicha agua (Sapers, 2001).

Por otro lado, el cepillado que usualmente forma parte de los lavados puede remover parte de la cutícula natural que poseen los productos en la superficie y que sirve de barrera a la entrada de microorganismos contaminantes. Por esta razón se prefiere el lavado por inmersión o automatización para ciertos productos, o en su defecto, la situación de la cera natural con ceras comerciales. Numerosos estudios se han llevado a cabo para comparar la eficiencia de varios sanitizantes en remover y/o inactivar los microorganismos que logran adherirse y sobrevivir en la superficie de vegetales frescos. De los mismos se desprende que la eficiencia de los diferentes tratamientos depende del tipo y concentración del sanitizante, del tiempo de exposición del mismo, de la naturaleza del microorganismo a remover, del tipo de vegetal a desinfectar y del pH y la temperatura del agua de lavado (FDA, 2001 En: González 2005).

En ciertos países, como Estados Unidos de América la legislación vigente permite no enjuagar la superficie una vez sanitizada ya que su posterior enjuague final puede recontaminar la superficie con microorganismos presentes en el agua de enjuague. (No obstante, la legislación vigente en Argentina exige que se enjuague luego de aplicar el sanitizante, por lo que se deberán tomar las medidas necesarias para evitar una posible recontaminación.

Una limpieza efectiva depende de:

- ✓ Elección adecuada del producto de limpieza
- ✓ Temperatura del agua
- ✓ Dureza del agua
- ✓ pH del agua utilizada
- ✓ Periodo de contacto
- ✓ Método de aplicación del detergente

Cada establecimiento deberá imponer sus propios procedimientos estandarizados de sanitización (Costilow y col, 1984).

Entre los agentes químicos utilizados se encuentra el cloro (gas ó hipoclorito de sodio, dióxido de cloro), ácidos orgánicos (ácido cítrico, ácido propionico, ácido acético), péroxido de hidrogeno, ozono, bromo y yodo entre otros. (De Ancos, B. 2006).

Cloro

El cloro es el desinfectante que más comúnmente ha sido utilizado en la industria de los alimentos. Debido a su costo, confiabilidad, eficiencia y facilidad de manejo.

Su actividad antimicrobiana depende de la cantidad de cloro libre disponible, particularmente en forma de ácido hipocloroso (HOCL). En soluciones acuosas el equilibrio entre ácido hipocloroso y el iòn hipoclorito (OCl^-) depende del nivel de pH, aumentando primero a medida que el pH y la temperatura disminuyen. Por esta razón, las soluciones de lavado se ajustan comúnmente a un pH de entre 6.5 y 7.5. A niveles de pH más bajos se produce corrosión de los contenedores metálicos típicamente utilizados en la industria, mientras que los aumentos de temperatura del agua de lavado liberan cloro gaseoso (Cl_2) el cual es tóxico (Beuchat, 1998).

El tiempo de contacto es generalmente de 1-2 minutos y su aplicación se extiende a sistemas de lavado por inmersión, flujo y atomización a una concentración máxima de 200 ppm, el nivel superior aprobado como seguro por la Administración Federal de Medicinas y Alimentos (FDA) de EEUU para la desinfección de frutas y hortalizas (Raybaudi, 2006). Numerosas investigaciones demuestran que su máxima efectividad antimicrobiana en productos vegetales se limita a un rango de reducción de ente 1 y 2 unidades logarítmicas (UFC/g) (Pirovani y col., 2006).

El uso de concentraciones de cloro mayores a las comúnmente utilizadas no representa un beneficio considerable. Mazollier (1998) demostró una reducción significativa en los números de coliformes fecales presentes en vegetales tratados con 50ppm de cloro, mientras que al aumentar la concentración a 200ppm no resultó en reducción adicional. La efectividad del cloro varía dependiendo del patógeno bajo estudio, del tipo de hortalizas o fruta fresca y la diversidad de la flora microbiana natural asociada a ésta. Ciertos estudios demuestran que la acción microbiana del cloro es mayor cuando la temperatura del agua de lavado es mayor que la temperatura del producto vegetal a ser tratado (Bartz, y col. 1981)

Las condiciones sanitarias del agua de lavado es otro factor que puede afectar la efectividad del cloro, particularmente en operaciones que conllevan la reutilización de ésta. En un estudio reciente se recuperaron células de *E.coli* O157:H7 en agua de proceso contaminada con este patógeno mediante lavado por inmersión de zanahorias frescas cortadas y artificialmente inoculadas, lo cual sugiere una posible contaminación cruzada de otros productos vegetales bajo un esquema de operación continua. En agua de lavado con una concentración de 200 ppm de cloro no fue posible detectar la presencia de patógeno. En la actualidad existen numerosos sistemas de monitoreo en tiempo real y ajuste automatizado de la concentración de cloro y el nivel de pH en el agua de lavado.

La inhabilidad del cloro en alcanzar células microbianas alojadas en cortes y fisuras naturales en la superficie de productos vegetales frescos cortados contribuye a la eficiencia de éste.

El uso de agentes surfactantes o la acción mecánica tal como el cepillado de agua en ducha, puede contribuir a mejorar la eficiencia del cloro ya que se reduce la hidrofobicidad y se remueve parte de la cera protectora de la superficie de los vegetales. Sin embargo, el deterioro de la calidad sensorial es motivo de preocupación al utilizar dichos métodos (Rosa, 2002).

En otros estudios (Pirovani; 2006) reportó el repollo de Bruselas en solución de cloro (200ppm) durante 10 segundos disminuyó el número de células viables de *Listeria monocytogenes* en aproximadamente 2 ciclos logarítmicos

Clorito de Sodio Acidificado

El clorito de sodio acidificado es una combinación de ácido cítrico y clorito de sodio acuoso con un amplio espectro microbicida. Su modo de acción es principalmente oxidativa. El estudio de Park y Beuchat (1999), reveló la reducción de 3 unidades logarítmicas (UFC/g) en los números de *E. coli* O157:H7 y *Salmonella* inoculadas en melones y espárragos. El clorito de sodio acidificado fue también altamente efectivo en sustituir al cloro en una operación de lavado de brócoli (Park y col 2001).

Recientemente González y col. (2004), obtuvieron una reducción de hasta 4.5 unidades logarítmicas (UFC/g) en la población de *E. coli* O157:H7 artificialmente inoculada en zanahorias frescas cortadas y lavadas por inmersión en agua de proceso simulado conteniendo 1,000 ppm de clorito de sodio acidificado, al comparar con un lavado solo con agua. La efectividad del clorito de sodio acidificado no se vio afectada por el alto contenido de materia orgánica en el agua de lavado.(González 2005)

Acido Peroxiacético

El ácido peroxiacético es una mezcla de peróxido de hidrógeno y ácido acético, es un agente oxidante fuerte cuyas propiedades antimicrobianas han sido muy bien caracterizadas. Es efectivo en reducir las poblaciones de bacterias patógenas en concentraciones menores a las requeridas por el cloro y se descompone en ácido acético, agua y oxígeno. (Block, 1991).

Rodgers y col. (2004), encontraron que el ácido peroxiacético (80 ppm) fue el sanitizante menos efectivo en reducir las poblaciones de *E. coli* O157:H7 y *L. monocitogenes* en manzanas, frescas, lechuga y cantaloupe, en comparación con trifosfato sódico clorado, dióxido de cloro y ozono. González y col. (2004), observaron que la efectividad de 80ppm de ácido peroxiacético en inactivar la población de *E. coli* O157:H7 inoculada en zanahorias frescas cortadas no se vio afectada por la presencia de altos niveles de materia orgánica en el agua de lavado, causando, además, una reducción de 1.5 unidades logarítmicas (UFC/g) en comparación con el control (zanahorias no lavadas).

Dióxido de Cloro

Aunque el dióxido de cloro se usó inicialmente para el control de sabores y olores en agua, se ha encontrado que se obtienen disminuciones satisfactorias de bacterias, cuando menos tan efectivas como al usar el cloro en valores normales de pH, y mas eficaces a valores de pH mas altos.

A diferencia del cloro, el ClO_2 en solución acuosa no reacciona con compuestos que contienen nitrógeno o amoníaco, por lo que se evita la formación de compuestos no deseados como es el caso de las cloraminas, y tiene además la capacidad de romper compuestos fenólicos por lo que se eliminan sabores y olores desagradables presentes en el agua de lavado que pueden alterar las características organolépticas del producto vegetal tratado (Beuchat, 1998).

La aprobación por la FDA del uso del ClO_2 como agentes antimicrobiano en solución acuosa en el lavado de vegetales (límite máximo residual en el producto de 3 ppm) ha aumentado considerablemente su uso (FDA, 1998).

Los primeros estudios de la aplicación del ClO_2 en solución acuosa para la desinfección de diversos vegetales se llevaron a cabo hace aproximadamente 20 años. Muchos de estos trabajos han dejado constancia de la eficiencia del ClO_2 en solución acuosa contra células vegetativas y esporas de microorganismos patógenos y alterantes (Beuchat, 1998).

Lee y col (2004), observaron que exponiendo hojas de lechuga inoculada con *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella typhimurium* al ClO_2 gaseoso durante 30 min se obtuvieron unas reducciones de 5, 3.4 y 4.3 unidades logarítmicas (UFC/g), respectivamente, sin que se observara ningún deterioro en el producto.

Cuando Hall y col. (2001), compararon la efectividad del ClO_2 en gas y en solución acuosa, observaron que la aplicación del gas fue más efectiva en reducir el inóculo inicial de *L. monocytogenes* en la superficie de pimiento verde.

Irradiación

La aplicación de la irradiación como tecnología de preservación de vegetales frescos esta siendo estudiada cada vez con mayor interés en gran medida, esto se debe a los resultados positivos obtenidos de productos hortícolas enteros y a su efectividad en el control de enfermedades poscosecha.

La radiación ionizante es un tratamiento que elimina de forma efectiva los microorganismos presentes en los productos alimentarios sin aumentos de temperatura (Frazier, 2003).

Ha sido ampliamente estudiado desde la ultima mitad del siglo pasado y más recientemente en distintas frutas y hortalizas como son las fresas, lechuga, cebollas, zanahorias, cilantro y apio. La información obtenida de gran parte de estos estudios sugiere que la irradiación puede ser una buena alternativa para la desinfección de hortalizas frescas, pero que su uso exclusivo no resuelve completamente todos los problemas microbiológicos.

Las dosis de radiación gamma necesarias para inactivar las células vegetativas de microorganismos alterantes o patógenos son en general muy bajas, alrededor de 1 kGy. Sin embargo, dosis muy superiores a 1kGy son necesarias para destruir esporas, virus, levaduras y hongos, lo cual puede provocar ablandamiento y desarrollo de sabores extraños en los productos vegetales frescos enteros y cortados. Además, hay que tener en cuenta que cuando se irradian embalajes cerrados de frutas y hortalizas, la radiación ionizantes puede provocar la eliminación de la microflora competidora, permitiendo la germinación de esporas bacterianas patogénicas (Farkas,1997). Entre los cambios observados en el comportamiento del producto luego de un tratamiento por irradiación en lechuga figura el incremento en la actividad respiratoria y en las altas dosis de exposición se ablandó y pardeo.

En 1999, la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) demostraron la inocuidad del uso de radiación ionizante en cualquier producto alimentario y en cualquier dosis.

En Estados Unidos de América la legislación permite la radiación de frutas y hortalizas entre otros alimentos, con una dosis máxima de 10kGy. En los mercados europeos pueden encontrarse hasta 40 tipos de alimentos irradiados, aunque algunos países Europeos como Francia, Holanda, Bélgica y Gran Bretaña son más receptivos que otros al uso de la radiación ionizante. Además, tal y como ocurre en otros muchos aspectos, la legislación varía de unos países a otros, habiendo países donde el uso de la radiación ionizante está totalmente prohibida (Austria, Australia y otros) (Fraile, 2004. En: Farkas,1997).

Ozono

El ozono ha recibido gran atención en los últimos años debido a la gran necesidad de buscar un sanitizante sustituto del cloro. El ozono es un gran agente sanitizante que esta aprobado por las agencias reguladoras y tiene la aceptación de la industria alimentaria y de los consumidores (González 2005).

Bromo

El Bromo orgánico es a menudo aplicado como agente desinfectante y protector, debido a sus efectos perjudiciales para los microorganismos. El bromo ha sido utilizado solo o en combinación con cloro en los programas de tratamientos de aguas. Investigaciones previas reflejan que la adición de bromo a soluciones que contienen compuestos clorados incrementa la actividad antimicrobiana, lo que se debe a una relación sinérgica entre ambos compuestos. No obstante, al igual que el cloro, existen preocupaciones de seguridad asociadas a la producción de compuestos orgánicos bromados y su impacto en la salud humana y el ambiente. El bromo molecular se emplea en la fabricación de una amplia variedad de compuestos de bromo usados en la industria y en la agricultura. (www.lenntech.com).

Yodo

Los iodóforos ejercen su actividad bactericida de una manera similar a los hipocloritos, pero con menor rapidez. La tintura de yodo es una mezcla de 2 % de yodo elemental y 2% de potasio en alcohol al 70%. Su máximo efecto bactericida lo ejerce a $\text{pH} < 6$. Los iodóforos son mezclas de yodo elemental como agentes surfactantes no iónicos tales como nonylfenoletoxylato (Bartlett y col, 1957).

El yodo no es tóxico ni irritante cuando se utiliza en concentraciones adecuadas. Presenta un amplio espectro de actividad antimicrobiana (incluyendo hongos y levaduras), además de poseer la cualidad de actuar rápidamente contra una amplia variedad de microorganismos. Sin embargo, es menos efectivo contra esporas bacterianas. Los iodóforos son más solubles en agua y son menos volátiles e irritantes al contacto con la piel que otros tipos de soluciones que contengan yodo.

El mecanismo de acción de los iodóforos consiste en penetrar a través de la pared celular produciendo la ruptura de los ácidos nucleicos, interfiriendo en el proceso de la síntesis proteica y adheriéndose a las proteínas azufradas causando su inactivación. Los iodóforos son más efectivos a pH 2-5, pero también son efectivos a pH ligeramente alcalinos, dependiendo de las condiciones. (González 2005).

Por otro lado, la FDA ha aprobado el uso de los iodóforos como sanitizantes de equipos y utensilios en la industria alimentaria en concentración que no excedan los 25ppm de yodo titulable (CFR, 2004). Los iodóforos no son afectados por la presencia de materia orgánica, pero pueden teñir los equipos, particularmente material de polipropileno; así como reaccionar con el almidón de frutas y hortalizas lo que resulta en un color azul-púrpura. Por esta razón, su uso como sanitizantes en superficies y equipos en la industria procesadora de alimentos es limitado (Lacey, 1979).

Ácidos Orgánicos

Una manera efectiva de limitar el crecimiento de los microorganismos es incrementar la acidez del alimento. Esto dependerá del tipo de microorganismos, especie y concentración del ácido, tiempo de exposición y la capacidad reguladora del alimento. (Raybaundi, 2006). Los ácidos presentes en frutas y hortalizas son el acético, el benzoico, el cítrico, el málico, el sórbico, el succínico y el tartárico, entre otros. Su modo de acción antimicrobiana es atribuido a la reducción directa del pH intercelular de la célula microbiana por la ionización de la molécula de ácido no dissociada (Beuchat, 1981.).

Más recientemente se ha recomendado la aplicación de ácidos orgánicos en el lavado de frutas y hortalizas. Fernandez-Escartin y col. (1989), observaron que el tratamiento con ácido cítrico en la forma de jugo de limón, reduce la población de *Salmonella tyhimurium* inoculada en cubos de papaya y jícama.

El vinagre y el zumo de limón son productos muy baratos que pueden ser usados como sanitizantes a nivel doméstico. Sin embargo, también puede ejercer efectos negativos en las características sensoriales del producto vegetal.

Zhang y Farber (1996), reportaron que las combinaciones de ácido acético, láctico y cloro, son efectivas en la reducción de *L. monocytogenes* en hojas de lechugas. Wright y col. (2000), reportaron que 5% de ácido acético fue más efectivo en la reducción de *Escherichia. coli* O157:H7 inoculadas en frutas de manzana, comparadas con una preparación comercial de 80ppm de ácido peroxiacético. Estudios previos por Torriani y col. (1997), encontraron reducciones de 1-2 unidades logarítmicas (UFC/g) de coliformes totales en ensaladas de vegetales tratadas con ácido láctico al 1%. (González 2005).

Sistema de Almacenamiento para Productos Hortícolas

Los productos hortícolas normalmente requieren de cierto almacenamiento con el fin de equilibrar su oferta y su demanda. Algunas frutas y vegetales tienen una vida de almacenamiento prolongada que puede ser desde algunos meses hasta más de un año. La vida de almacenamiento potencial de un producto se encuentra predeterminada en gran medida por sus características genéticas. Además, muchos otros factores de precosecha, así como los tratamientos postcosecha, las técnicas de cosecha, manejo y los tratamientos postcosecha pueden influir en la capacidad de almacenamiento de un producto. (Liu, 1992)

Condiciones Óptimas de Almacenamiento

Las condiciones más importantes de almacenamiento son la temperatura, humedad y la atmósfera. Estas pueden variar drásticamente de una especie a otra y aun entre un cultivar y otro. Si se mantienen las condiciones óptimas de almacenamiento para un producto se logra maximizar su vida útil.

El almacenamiento a bajas temperaturas tiene muchas ventajas. Se reduce la velocidad de respiración, la producción de etileno, el proceso de maduración, la senescencia y otros cambios contundentes al deterioro de la calidad. Se reduce también el gradiente de la presión de vapor entre el producto y la atmósfera de almacenamiento y se reduce la velocidad de pérdida de agua por transpiración. La humedad es el segundo factor que debe considerarse. Una alta humedad relativa durante el almacenamiento minimiza la transpiración y la pérdida de agua de los productos; también ayuda en algunos productos a mantener su vigor y a retardar la esencia por tanto, la humedad relativa óptima puede ser de 95% hasta 100% para algunos productos.

La vida de los productos hortícolas puede extenderse reduciendo la concentración de oxígeno, aumentando la concentración de CO₂ o combinación de ambas situaciones. Se han desarrollado sistemas de almacenamiento en atmósferas controladas (AC) o en atmósferas modificadas (AM) para estos productos. En muchas circunstancias, las mejores condiciones de almacenamiento no se utilizan debido a razones económicas o a dificultades técnicas. (Liu, 1992)

Utilización de Frío Natural

El mantenimiento de una baja temperatura es la forma más efectiva de preservar la calidad y extender la vida de almacenamiento de los productos hortícolas. El aire fresco natural puede utilizarse para preenfriar productos antes de su almacenamiento o para enfriar el aire en un almacén común o subterráneo a través de una ventilación adecuada. Otra fuente de frío natural se obtiene en zonas con altitudes elevadas, en ocasiones es posible o conveniente construir almacenes en estos lugares para ahorrar energía. Esto es particularmente cuando algunos productos se transportan a través de estas regiones antes de llegar a los mercados finales. (Liu, 1992).

Almacenamiento en Refrigeración

El almacenamiento en refrigeración es el método más comúnmente utilizado para productos hortícolas. Un almacén refrigerado debe tener un aislamiento térmico adecuado en las paredes, techo y bajo el piso. El tipo más común de sistema de refrigeración utilizado para productos hortícolas es el de expansión directa. Un tipo menos común es el de sistema inundado que también se utiliza en locales de grandes dimensiones. El amoníaco y el freón son los dos refrigerantes más comunes y utilizados en estos sistemas.

Los principales componentes en el sistema de refrigeración tipo expansión, incluyen una válvula de expansión, un evaporador, un compresor, un condensador, un recibidor y diversas válvulas, tuberías, manómetros, etc. El evaporador y la válvula de expansión se localizan dentro del cuarto de almacenamiento. El vapor caliente comprimido a alta presión se condensa a líquido en un condensador y una combinación de agua, aire o ambos en el condensador, remueve el calor del refrigerante.

El calor que necesita ser eliminado de un almacén refrigerado por un sistema de refrigeración incluye al calor de campo y el calor de respiración de los productos almacenados, la ganancia de calor por conducción de las paredes, techo, piso, la ganancia de calor por convección, resultante de la mezcla del aire cálido en el exterior con aire frío del interior, y el calor generado por el equipo y el personal. Otro punto importante que a menudo se ignora por la falta de experiencia de los operadores es el estibado adecuado de productos hortícolas en el almacén. (Liu, 1992)

Condicionantes de Almacenamiento Postcosecha

Para que un producto sea considerado de calidad debe cumplir algunas características como son: apariencia fresca, textura aceptable, buen sabor y olor, seguridad microbiológica y vida útil suficientemente larga que permita incluir al producto dentro de un sistema de distribución. Si alguno de estos requisitos no se cumple o se encuentra por debajo de los valores mínimos aceptables para cada parámetro, el producto pierde automáticamente su valor comercial.

La determinación del momento óptimo de madurez, así como el mantenimiento de sus propiedades sensoriales durante las diferentes etapas de la post-recolección, es imprescindible para satisfacer las necesidades del consumidor.

El termino post-recolección puede definirse como el periodo que incluye todas las fases de la comercialización de los productos hortofrutícolas, desde la recolección, pasando por la manipulación, conservación y distribución, hasta el consumo (Romajaro col.,1996. En:Martin, 2005). Independientemente del tipo de materia prima que se quiera transformar, ésta debe ser manipulada con especial cuidado con el propósito de causar el menor daño posible a los tejidos, evitando desordenes fisiológicos del vegetal, así como la proliferación microbiana que repercuten directamente en la pérdida de calidad del producto.

Una vez que los productos hortofrutícolas han llegado a los centros de acopio de materia prima, se prerrefrigeran hasta 1-2 °C (por aire, agua, hielo o vacío, según proceda) y se introducen en una cámara frigorífica, según las exigencias de temperatura (generalmente entre 0 y 5°C), humedad relativa y sensibilidad al etileno. En el caso de las frutas almacenadas en atmósfera controlada, se alarga el periodo de almacenamiento y consecuentemente, se consigue un abastecimiento de las líneas de procesado durante un periodo más largo.

Entre las operaciones unitarias, el pelado y troceado constituyen etapas críticas que tienen una influencia determinante en la calidad del producto final y que por lo tanto deben llevarse a cabo produciendo el mínimo daño posible al tejido, ya que la rotura de éste por el corte supone un incremento de la respiración y transpiración que conducen a un rápido deterioro del producto, con la consecuente pérdida de sus características sensoriales y nutricionales originales. (Bolin y col. 1977).

Una de las principales reacciones bioquímicas que ocurren es la alteración del color debido al pardeamiento enzimáticos, en el que los compuestos fenolicos son oxidados hasta quinonas mediante reacciones catalizadas por enzimas denominadas genéricamente polifenoloxidasas (PPO). La rotura del tejido que ocurre como consecuencia del procesado hace que las enzimas y sus sustratos, presentes ambos en el fruto, entren en contacto y reaccionen formando compuestos activos.

Estos a su vez experimentan procesos de polimerización que dan lugar a un compuesto coloreado denominado melanina, produciendo el pardeamiento superficial del producto y disminuyendo así su calidad visual. El nivel de obscurecimiento que sufren las frutas y vegetales frescos pueden depender de la concentración y tipo de compuestos fenólicos presentes en los frutos, actividad de la PPO, estado de madurez, presencia de oxígeno (O_2) y compartimentación de las enzimas y sustratos (Nicoli y col.,1994).

Por otra parte, en productos hortofrutícolas como la lechuga y las espinacas frescas, puede producirse una pérdida de su coloración verde característica debido a la pérdida de los pigmentos clorofílicos durante la senescencia de los tejidos vegetales verdes. (Martin, 2005).

Desórdenes Fisiológicos

Con base en evaluaciones hechas para 15 de los cultivos frutícolas más importantes, se determinó que el 70% de las producciones del país se concentra en la central de abasto del Distrito Federal y que las pérdidas registradas se deben fundamentalmente a:

- a) Enfermedades causadas principalmente por mohos
- b) Deterioro fisiológico
- c) Daños mecánicos o físicos

La composición de la atmósfera que rodea los productos, por ejemplo, bajas concentraciones de O_2 (<1%) y / o altas concentración de CO_2 (>20%) o la presencia de etileno, pueden inducir o resultar en varios tipos de alteraciones fisiológicas. (Higuera, 1992).

El control químico es otra medida eficaz para evitar el desarrollo de alteraciones, aunque éstas también se pueden minimizar por medio de control físico y por mejoramiento genético de cultivares menos susceptibles.

Daño por Frío

El daño por frío es un problema de importancia en el manejo postcosecha, ya que puede ser responsable de grandes pérdidas económicas, principalmente durante el almacenamiento y transporte.

El daño por frío genera diversas alteraciones funcionales, las cuales según el producto y la severidad del daño se pueden ver reflejadas en

- a) Decoloración interna y superficial, además de áreas cafés endógenas, falta de sabor, área de la pulpa saturada de agua, picaduras, descomposición o deterioro acelerado. Por ejemplo: piña, cítricos, papaya, aguacate
- b) Maduraciones desuniformes o ausencia de maduración. Por ejemplo: jitomate, aguacate, papaya.
- c) Incidencia de patógenos y desarrollo de enfermedades. Por ejemplo: en jitomate aumenta la susceptibilidad a pudrición por alternaria.

En algunos casos los síntomas anteriores se pueden observar mientras el producto está a bajas temperaturas pero en algunos otros aparecerán solo cuando el producto es transferido a una temperatura más alta. Las condiciones bajas en las cuales crecen los frutos tienen una función importante en el desarrollo de daño por frío en poscosecha. (Higuera, 1992). La temperatura y la duración del almacenamiento, en relación con el grado de maduración, son variables que interaccionan en forma muy compleja, como ya se mencionó. Se debe determinar la temperatura crítica para cada producto y no exponerlo a temperaturas por debajo de este valor. Para inducir cambios irreversibles en los procesos es necesario un tiempo mínimo a bajas temperaturas.

En relación con las temperaturas, los procedimientos de aclimatación y preacondicionamiento han dado resultados en papaya y toronja. Estos tratamientos consisten en ir bajando gradualmente la temperatura y mantener los frutos durante algunos días a temperatura ligeramente por arriba del valor crítico y, posteriormente almacenarlos a temperatura por debajo de este valor. (Higuera, 1992).