



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**Alimentos Vegetales Mínimamente Procesados (IV gama)
una revisión con enfoque Tecnológico
y de prevención de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos.**

Trabajo Monográfico de Actualización

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

PRESENTA

Sofía Alejandra Rasgado Rivera



MÉXICO, D.F. a octubre del 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: MIGUEL ANGEL HIDALGO TORRES

VOCAL: JUAN DIEGO ORTÍZ PALMA PÉREZ

SECRETARIO: JUAN MANUEL DÍAZ ÁLVAREZ

1er. SUPLENTE: ESMERALDA PAZ LEMUS

2° SUPLENTE: ALEJANDRO ZAVALA RIVAPALACIOS

ASESOR DEL TEMA:

JUAN MANUEL DÍAZ ALVAREZ

SUSTENTANTE:

SOFÍA ALEJANDRA RASGADO RIVERA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
MARCO TEÓRICO	
Capítulo 1.	
1. Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETAs).....	5
1.1 Clasificación de enfermedades transmitidas por alimentos.....	5
1.1.1 Infecciones alimentarias.....	5
1.1.2 Intoxicaciones alimentarias.....	6
1.2 Bacterias patógenas emergentes transmisibles por los alimentos (BPEA)...	7
1.3 Factores que favorecen el auge de los microorganismos patógenos emergentes de los alimentos.....	7
Capitulo 2.	
2. Vegetales Mínimamente procesados (IV Gama).....	11
2.1 Tendencias y consumo.....	11
2.2 Valor nutricional.....	14
2.2.1 Propiedades Antioxidantes	14
2.3 Cambios fisiológicos y sensoriales con impacto en los VMP.....	15
2.4 Calidad Microbiológica de los VMP.....	18
2.5 Mecanismos de contaminación microbiológica.....	19
2.5.1 Planteo, cultivo y crecimiento.	19
2.5.2 Cosecha-Agua de riego.....	19
2.5.3 Estiércol y desechos orgánicos sólidos.....	20

2.5.4 Limpieza de las instalaciones de producción.....	21
2.5.5 Plagas.....	23
2.5.6 Salud e higiene de los trabajadores.....	23
2.5.7 Agua de lavado dentro del proceso.....	24
2.5.8 Actividades de enfriamiento.....	24
2.5.9 Reducción de tamaño y corte.....	25
2.5.10 Transporte.....	25
2.6 Producción de vegetales mínimamente procesados.....	25
2.6.1 Diagrama de proceso de VMP.....	26
2.6.2 Descripción de etapas de proceso de VMP.....	27
2.7 Tecnologías aplicadas a VMP.....	33
2.7.1 Tecnología de Barreras.....	33
2.7.1.1. Atmósferas modificadas.....	35
2.7.1.2 Recubrimientos comestibles.....	38
2.7.1.3 Baño químico.....	42
2.7.1.4 Tratamientos térmicos.....	45
2.7.2 Agentes de control biológico.....	46
2.7.3 Envases activos.....	46
Capítulo 3.	
3. Medidas preventivas.....	51
3.1 Principios de Buenas Prácticas Agrícolas.....	51
3.2 Reducción de riesgos microbiológicos en la cadena de abasto de los VMP.....	54

3.3 Lavado y Desinfección en el proceso de producción de la IV gama.....	57
3.3.1 Etapas de Lavado, Desinfección y Enjuague. Prescripción y Recomendaciones.....	59
3.4 Agentes desinfectantes utilizados en la Industria de VMP.....	61
3.4.1 Problemas con el uso de cloro y sus derivados.....	63
3.4.2 Desinfección por métodos químicos.....	65
3.4.3 Desinfección por métodos físicos.....	70
DISCUSIÓN.....	77
CONCLUSIONES.....	81
GLOSARIO.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	

Alimentos Vegetales Mínimamente Procesados (IV gama), una revisión con enfoque Tecnológico y de prevención de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) tiene su origen en la ausencia o mala ejecución de buenas prácticas de manufactura (BPM) y buenas prácticas agrícolas (BPA). Por tanto, una forma de abatir considerablemente su aparición es la adopción de medidas preventivas como la capacitación del personal que tiene contacto con los alimentos a lo largo de toda la cadena de abasto. Esto incluye desde el personal que trabaja en las agroindustrias respectivas, hasta las amas de casa así como a los empleados de hoteles y restaurantes.

Las Enfermedades transmitidas por alimentos, causan problemas principalmente en el sistema gastrointestinal, los síntomas más comunes son: náuseas, vómitos, diarrea, dolor abdominal, dolor de cabeza, entre otros. Los síntomas varían de acuerdo con el tipo de microorganismo o toxina con que se tuvo contacto, la cantidad de microorganismo ingerido o la cantidad y tipo de sustancia exógena ingerida y el estado de salud de la persona. En algunas personas sanas, las ETAs son enfermedades que pueden durar unos dos o tres días sin tener alguna complicación, pero en el caso de personas susceptibles como son los niños, los adultos mayores, mujeres embarazadas y las personas inmunodeprimidas pueden llegar a ser muy graves, dejar secuelas o incluso provocar la muerte.

En todo el mundo se producen unos 1 700 millones de casos de enfermedades diarreicas cada año. La diarrea es una de las principales causas de malnutrición de niños menores de cinco años. Las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años. Son enfermedades prevenibles y tratables (1).

Las enfermedades diarreicas en México ocupan uno de los primeros lugares como causa de morbilidad en población menor de cinco años de edad,

generando el 20% de la demanda de consulta en los servicios de salud y el 10% de las hospitalizaciones pediátricas (2).

En abril del 2012 la revista *Scientific American* publicó un artículo en el cual detalla algunas de las consecuencias a largo plazo de algunas de las ETAs. Estos efectos se llaman "secuelas crónicas" y pueden incluir: artritis reactiva, insuficiencia renal, síndrome de Guillain-Barré, problemas del tracto urinario, lesiones en los ojos, hipertensión y diabetes. Todas estas condiciones son los efectos secundarios de la infección por Salmonella, Shigella, E. coli 0157: H7 y Campylobacter. La incidencia de secuelas crónicas se atribuye a un 2-3% de los casos de ETAs (3).

Las frutas y verduras recién cortadas ya no se consideran en bajo riesgo en términos de seguridad alimentaria. Recientemente, un número de los brotes han sido relacionados con frutas y verduras recién cortadas que se procesaron en condiciones poco sanitarias. Estos brotes mostraron que la calidad del agua utilizada para el lavado y enfriamiento después de la cosecha es crítico (4).

La demanda actual de productos frescos y fáciles de preparar, en especial frutas y verduras, ha traído consigo un aumento en el mercado de productos mínimamente procesados. Esta tendencia responde a la idea generalizada de que los vegetales son alimentos saludables, y a que cuanto más frescos son, mejores condiciones de calidad y seguridad pueden encontrarse. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que se trata de alimentos crudos, lo que obliga a extremar las buenas condiciones de manipulación y de aplicar otras técnicas que permitan cierta inactivación microbiana, como el uso de agua tratada o la aplicación de productos químicos desinfectantes compatibles con el producto y con la salud, como el hipoclorito o ácidos orgánicos (5).

Diversos estudios manifiestan que se trata de alimentos con una contaminación media con un cierto riesgo para la salud. Aunque la mayor parte de la microbiota suele estar dominada por microorganismos psicrótrofos, (mesófilos que pueden crecer a bajas temperaturas) se han analizado muestras donde se encuentra que más del 70% están contaminadas por microorganismos de origen fecal (6).

El incremento en los últimos años, de brotes de Listeriosis y su asociación con el consumo de vegetales crudos, los cuales se han hecho populares en forma “ya lista para servir” en los supermercados, en los autoservicios de ensaladas en los restaurantes, y como parte integral en la preparación de diversos tipos de sándwiches, ha estimulado la necesidad de un conocimiento general acerca de la presencia de *L. monocytogenes* en este tipo de productos (7).

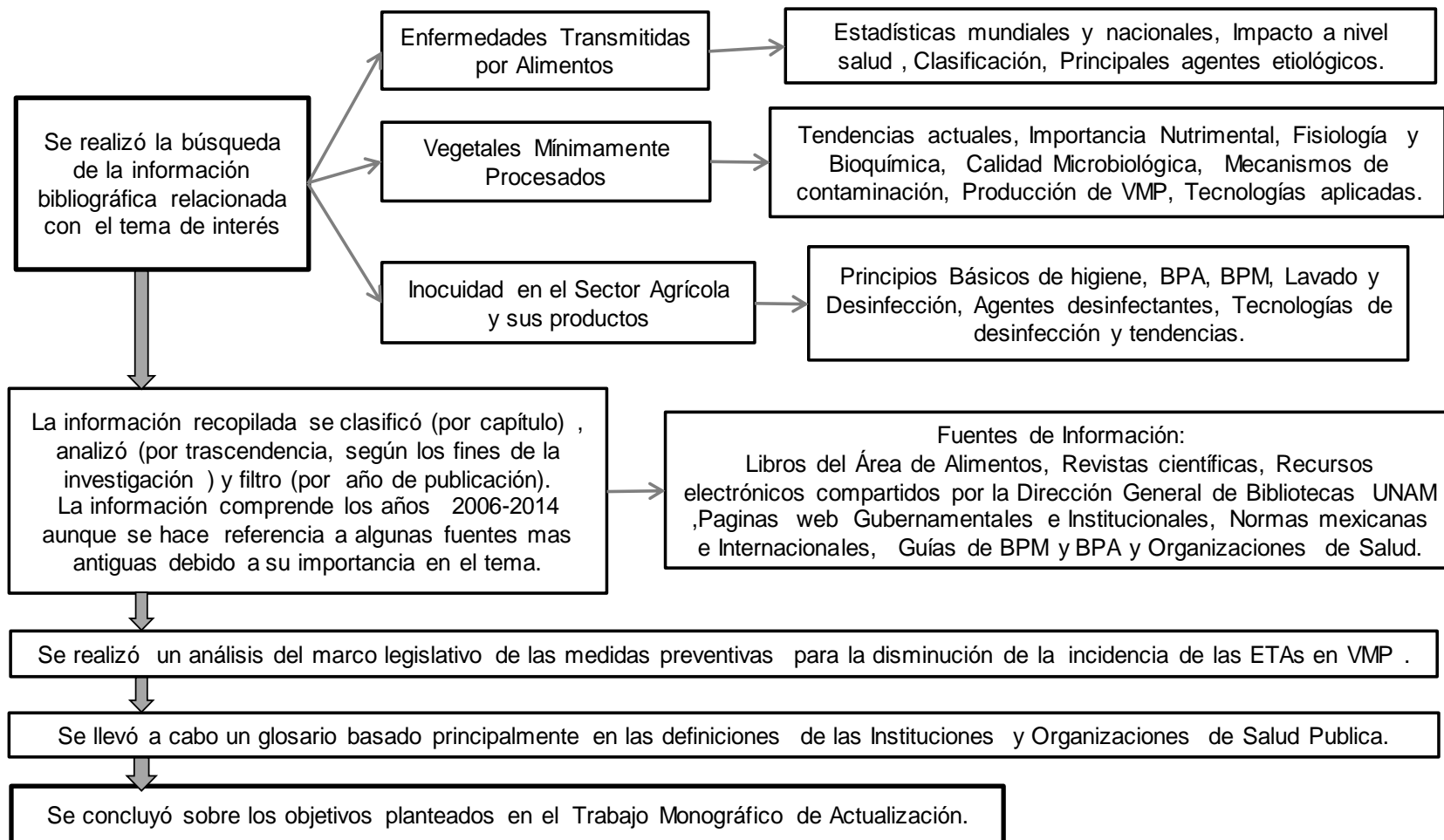
OBJETIVO GENERAL

Realizar una investigación bibliográfica de actualización de los vegetales mínimamente procesados con un enfoque tecnológico y de inocuidad, con la finalidad de hacer énfasis en la importancia que tienen las medidas de seguridad alimentaria como sistema de prevención.

Objetivo particular

Analizar las áreas de oportunidad que tiene el Químico de Alimentos frente a la prevención de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos en la cadena de abasto de la agroindustria y su marco legislativo.

METODOLOGÍA



MARCO TEÓRICO

Capítulo 1

1. Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETAs)

Según la OMS las ETAs se definen como: “El conjunto de síntomas originados por la ingestión de agua y/o alimentos que contengan agentes biológicos o no biológicos en cantidades tales que afectan la salud del consumidor en forma aguda o crónica, a nivel individual o de grupo de personas”. Se han descrito más de 250 agentes causales de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) entre los que se incluyen bacterias, virus, hongos, parásitos, priones, toxinas y metales, siendo más frecuentes las dos primeras(1).

Todas las personas están en riesgo de contraer ETA; puesto que, los alimentos pueden contaminarse en cualquier eslabón de la cadena, que va desde la producción hasta el consumo; por ello, los participantes en la cadena de abasto deben tomar medidas para mantener la inocuidad de los alimentos, desde el productor hasta el consumidor (8).

1.1 Clasificación de enfermedades transmitidas por alimentos

Las enfermedades transmitidas por alimentos se clasifican en dos tipos: infecciones alimentarias e intoxicaciones alimentarias.

1.1.1 Infecciones alimentarias

Son enfermedades causadas por la ingestión de alimentos que contienen microorganismos vivos perjudiciales. En general, son determinadas por la invasión, multiplicación y alteraciones de los tejidos del huésped producidas por los microorganismos transportados por los alimentos. Ejemplos típicos de las infecciones alimentarias son: la salmonelosis, la listeriosis, la triquinosis, la hepatitis A y la toxoplasmosis, entre otras (9).

Una infección de origen alimentario puede ocurrir de dos maneras (10).

1. Cuando se ingiere un alimento contaminado el microorganismo que transporta se establece en el organismo de la persona y se multiplica. Las bacterias, en general, penetran la mucosa intestinal y allí se multiplican. Algunas permanecen solamente en la mucosa y otras invaden el sistema circulatorio y se diseminan por distintos órganos. Las bacterias poseen factores de adherencia o colonización que les permiten multiplicarse en sitios específicos no siendo alteradas ni por el peristaltismo ni por el flujo de mucus o alimentos en suspensión. Es importante destacar que no todos los alimentos contaminados llegan a ser infecciosos.

2. Si el alimento contaminado constituye un sustrato adecuado para la multiplicación del microorganismo y tiene las condiciones ambientales adecuadas se transforma en infeccioso porque la dosis es suficiente para causar una enfermedad. Los virus y *Toxoplasma gondii*, por ser parásitos intracelulares, no se replican en los alimentos.

1.1.2 Intoxicaciones alimentarias

Son las enfermedades generadas al ingerir un alimento en el que se encuentra la toxina formada en tejidos de plantas o animales o como metabolito de los microorganismos. Ejemplos de intoxicaciones son el botulismo, la intoxicación estafilocócica o por toxinas producidas por hongos o especies marinas como ciguatonina, saxitonina entre otras (9). También se incluyen las intoxicaciones causadas por sustancias químicas incorporadas al alimento en forma accidental o intencionalmente, como plaguicidas, metales pesados u otras. Existen plantas y hongos especialmente venenosos que, por desconocimiento, generan problemas en caso de consumo. Por ejemplo, los brotes de bambú (*Bambusa spp.*) y la raíz de la mandioca o yuca (*Manihot esculenta*) deben cocinarse antes de ser consumidos para eliminar el glucósido cianogénico que contienen (11).

Existe otro tipo de enfermedades transmitidas por alimentos que combina la intoxicación con la infección. Las toxiinfecciones resultan de la infección de alimentos con cierta cantidad de microorganismos patógenos que son capaces

de producir o liberar toxinas una vez que han sido ingeridos; es decir, son generadas por bacterias que no son invasivas y que producen toxinas durante su desarrollo en el intestino. El período de infección es generalmente menor al de las infecciones pero mayor al período de las intoxicaciones. En esta categoría se encuentran los microorganismos capaces de producir toxinas in vivo como, por ejemplo, la diarrea infantil, la diarrea por *Bacillus cereus* y *Vibrio cholerae* (9).

1.2 Bacterias patógenas emergentes transmisibles por los alimentos (BPEA)

Muchas bacterias patógenas emergentes transmisibles por los alimentos (BPEA) derivan de la adquisición de genes que codifican factores de virulencia y de resistencias a antibióticos y otros antimicrobianos, lo que incrementa su patogenicidad y capacidad de eludir los tratamientos profilácticos y terapéuticos para reducir su presencia en los animales, alimentos y personas. Los microorganismos patógenos emergentes transmisibles por alimentos (MPEA) derivan, fundamentalmente, de modificaciones genéticas resultantes de la adquisición de nuevos genes, de la pérdida de otros, de mecanismos de recombinación genética, de la transmisión horizontal de factores de virulencia y de resistencias a agentes antimicrobianos, de resistencias a los nuevos métodos de procesado y conservación de los alimentos y de un control inadecuado de la protección de la salud pública. Otras características de los MPEA son su rápida propagación y fácil difusión, el afectar a sectores poblacionales muy sensibles (niños, ancianos e inmunodeprimidos), y algunos, ser responsables de lesiones permanentes o secuelas (12).

1.3 Factores que favorecen el auge de los microorganismos patógenos emergentes de los alimentos

Las enfermedades transmitidas por alimentos se producen en cualquiera de las etapas de la cadena alimentaria (producción, transporte, almacenamiento, distribución, venta y preparación del alimento y consumo) (13).

Las enfermedades causadas por el consumo de alimentos contaminados han aumentado en forma importante en los últimos años debido a los cambios en los sistemas de vida y los hábitos alimentarios de la población (1). A través de la globalización de la comercialización y distribución de alimentos, los productos alimenticios contaminados de forma accidental o deliberada puede afectar la salud de numerosas personas en distintos países al mismo tiempo. Por otra parte, las enfermedades transmitidas por los alimentos parecen estar surgiendo con más frecuencia que antes y la capacidad de las autoridades de salud pública para aplicar el control convencional medidas no parece estar desarrollándose a la misma velocidad (13).

En una reciente publicación en la revista *Nature* se ha demostrado que aproximadamente el 30 % de todas las infecciones emergentes durante los últimos 60 años fueron causadas por patógenos transmitidos por los alimentos (14). Esta tendencia se agrava por la creciente industrialización de los alimentos y la producción de insumos sin BPM, la carencia de BPA, las tendencias como la agricultura intensiva (asociada con granjas que crían ganado por encima de su capacidad de retención y el uso de estiércol) pudiendo catalizar la aparición y propagación de agentes patógenos. Un incremento en la resistencia de los agentes causales de plagas y enfermedades frutihortícolas. El comercio internacional globalizado también favorece la distribución y dispersión de los MPEA ya que la producción y comercialización de los alimentos en gran escala facilita su difusión y la posibilidad de contaminaciones cruzadas con otros alimentos (12).

Uno de los factores con mayor incidencia son los cambios demográficos y de comportamiento nutricional de la población con nuevos hábitos nutritivos basados en el consumo de platillos preparados y precocinados en establecimientos que carecen de servicios sanitarios, así como, el manejo inadecuado de los alimentos. Además, la demanda social de alimentos más “naturales”, “sanos”, “saludables” o “convenientes”, también ha conducido a la producción de alimentos menos procesados y menos seguros microbiológicamente. Los cambios en los métodos de procesado y conservación de los alimentos han tenido también su reflejo en el desarrollo de los MPEA. La incorporación en la moderna industria alimentaria de

metodologías de inactivación microbiana basadas en la utilización de diversos tipos de estrés y de tratamientos subletales, como en los alimentos mínimamente procesados, han facilitado que la resistencia microbiana a un estrés confiera resistencia a otros. El reconocimiento de la existencia de formas viables pero no cultivables (VBNC) de algunos microorganismos los cuales se ha podido identificar en los alimentos (14).

El comportamiento de enterobacterias y virus de permanecer en las tierras de cultivo, de formar *biofilms*, o de su internalización en las verduras y frutas favorecen los brotes de ETAs mediados por el consumo de alimentos vegetales. Desde hace tiempo se conoce la translocación de E. coli EHEC, del estiércol y del agua de regadío contaminadas, a las hojas de las lechugas y su internamiento en las células vegetales así como la utilización por E. coli EHEC de los filamentos EspA para adherirse a las hojas de las lechugas. También se ha descrito el internamiento de microorganismos responsables de ETAs en protozoos aislados de espinacas y lechugas. La internalización y supervivencia de MPEA (*Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., E. coli EHEC, *L. monocytogenes*, *H. pylori*, *M. bovis* y *S. aureus*) en protozoos como *Acanthamoeba castellanii*, *A. polyphaga*, *A. rhyodes* y *Tetrahymena pyriformis* sugiere que la asociación entre MPEA y protozoos es intensa lo que permite reconocer porqué, además de la formación de *biofilm*, algunos MPEA persisten en los equipos de procesado y en alimentos a pesar de las operaciones, diarias y regulares, de limpieza y desinfección (14).

Otros factores que favorecen el auge de las ETAs por MPEA son la edad siendo, generalmente, los niños y mayores los más sensibles, así como la gestación, la hospitalización, el consumo de antibióticos, el alcoholismo y el incremento de una población inmunodeprimida por enfermedades o por agentes inmunosupresores en terapias de cáncer, de trasplantes de órganos o por el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) (15).

La malnutrición, entendida como deficiencia en la ingestión de nutrientes, también constituye una causa, sospechada pero difícilmente probada, de incremento de ETAs por MPEA. Algunos resultados demuestran que manipulaciones dietéticas simples como el incremento del estrés oxidativo en

los animales, eliminando antioxidantes de la dieta o con un exceso de prooxidantes, incrementan la virulencia de algunos virus y favorecen la acumulación de mutaciones genómicas. Los países subdesarrollados con problemas de malnutrición y deficiencias nutricionales severas pueden ser el lugar de origen de enfermedades nuevas o de las ya conocidas con manifestaciones patológicas diferentes, mientras la malnutrición en sí misma puede ejercer un impacto mucho mayor que el de favorecer las ETAs por MPEA (16).

Capítulo 2.

2. Vegetales Mínimamente procesados (IV Gama)

El término “IV Gama”, define lo que técnicamente se denomina como “productos frescos mínimamente procesados”. La palabra “cuarta”, representa el orden de aparición de la gama en el mercado, y no está relacionado con su grado de procesado. Estos productos frescos mínimamente procesados, fueron precedidos por el producto fresco, el producto en conserva y el producto congelado, y, de ahí toman la denominación abreviada de “IV Gama”(17).

Las hortalizas de IV Gama son una línea de verduras frescas preparadas mediante diferentes operaciones unitarias (selección, pelado, corte, lavado y envasado). Son conservadas, distribuidas y comercializadas bajo cadena de frío y están listas para ser consumidas crudas sin ningún tipo de operación adicional durante un periodo de vida útil de siete a diez días (18).

Tabla 1. Clasificación de frutas y hortalizas por proceso.

Denominación	Proceso	Producto
I gama	(sin proceso)	Hortalizas frescas y otros productos conservados mediante métodos tradicionales como la deshidratación, salazón y fermentación.
II gama	Esterilización/ Escaldado	Incluye a las conservas que han sido sometidas a un tratamiento térmico que garantiza una mayor vida útil del producto.
III gama	Congelación	Incluyen las hortalizas congeladas.
IV gama	Selección, pelado, corte, lavado, desinfección, envasado.	Son hortalizas lavadas, peladas, cortadas y envasadas en condiciones especiales (atmósferas modificadas o controladas) y listas para su consumo.
V gama	Cocción	Se refiere a los productos cocinados (salsas de hortalizas, sofritos) o a una mezcla de cocinados con hortalizas frescas.

2.1 Tendencia y Consumo

En la actualidad el crecimiento promedio a nivel mundial del sector de los productos mínimamente procesados se sitúa entre 18–20% anual. El segmento de las ensaladas mixtas de IV gama se incrementó en un 26% en el año 2007.

La tendencia general de consumo para los próximos quince años serán las ensaladas variadas con mezclas de hortalizas distintas. El 80% del consumo de alimentos mínimamente procesados que se comercializan en la actualidad corresponden a hortalizas, el restante 20% lo representan las frutas (21).

El consumo per cápita en Estados Unidos de América ha llegado hasta 30 kilogramos de productos de IV gama por año, la media europea es de 3 Kg por persona y año. Sin embargo, las diferencias son sustanciales en el Reino Unido, donde se llega a 12 Kg, Francia ocupa la segunda posición con 6 Kg; Italia, alrededor de 4 Kg. Otros países donde la cuarta gama está bien implantada, son Bélgica, Holanda y Alemania. En España el consumo se sitúa en 1,5 Kg (21).

En México se registra un incremento de la tendencia hacia el consumo de frutas y vegetales frescos, puesto que el consumidor es cada vez más consciente de los beneficios que aporta este tipo de alimentación (22).

De la producción total de vegetales y frutas frescas, menos del 1% se destina a la producción de VMP, dentro del cual el 60% de la producción de VMP se distribuye a cadenas de comidas rápidas y el 40% restante se distribuye en tiendas de autoservicio (22).

Tabla 2. Empresas Mexicanas productoras de VMP.

Empresa	Producto	Descripción del producto
Vidiport S.A de C.V	Fresh garden	corazones de lechuga hidropónica
GAB Mister Lucky	cesta vegetariana	Tomate cherry, apio, floretes de apio y baby carrots
	Popeye	ensalada de espinacas
	Floretes de Brócoli	brócoli en floretes
	Ensalada mixta	lechuga zanahoria y col
	Ensalada cesar	lechuga , aderezo y galletas
Agros lechuga	ensalada portofino	lechuga orejona, escarola, lollo roso, Batavia
Proagro	Daily salad: mezcla italiana	arugula, betabel, lechuga roja
Bolt Farm House	Bolt house baby cut carrots	baby carrots
Proyectos agrícolas S.A	Daily vegies	corazones de lechuga orejona
	Daily salad	col y zanahoria
Ready Pack	Grand Parisian	zanahoria juliana, lechuga, lechuga roja y iceberg
	Ensalada Jardín	lechuga iceberg, zanahoria rayada y col morada
	Ensalada Santa Fe	lechuga romana, aderezo y chips de tortilla
	Ensalada Costa brava	lechuga romana y col morada

Imagen 1. Vegetales mínimamente procesados la IV gama



(<http://www.verdifresh.info>)

Imagen 2. Productos de la IV gama en punto de venta



(www.interempresas.net)

2.2 Valor nutricional

El importante valor nutricional y económico de las frutas y de las hortalizas frescas es bien conocido. Las frutas y las hortalizas son los mejores transportadores de vitaminas, minerales esenciales, fibra dietaria, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas. Además proveen de carbohidratos, proteínas y calorías. Por ello las frutas y las hortalizas son importantes para la nutrición, sugiriéndose una ingesta de cinco porciones por día (21).

2.2.1 Propiedades Antioxidantes

Dentro de los compuestos antioxidantes más importantes presentes en los vegetales se encuentra el grupo conformado por los carotenoides y los fenoles, especialmente los flavonoides y los antocianos, los cuales muestran una gran capacidad para captar radicales libres causantes del estrés oxidativo, atribuyéndoseles a su vez un efecto beneficioso en la prevención de enfermedades tales como: cardiovasculares, circulatorias, cancerígenas y neurológicas. Dentro de los radicales libres se encuentran las especies reactivas de oxígeno (ROS) que debido a su inestabilidad se comportan como agentes oxidantes. La ingesta de alimentos ricos en sustancias antioxidantes como vitaminas C y E, carotenoides o compuestos fenólicos, previene o disminuye el desarrollo de estas enfermedades. La vitamina C ha sido reconocida como el antioxidante por excelencia y como un nutriente importante en varios productos alimentarios. La acción de la vitamina C es suministrada por el ácido L-ascórbico (AA) y su forma oxidada, el ácido deshidroascórbico (DHAA). Se cree que la dieta aumenta la defensa antioxidante del organismo evitando el daño oxidativo. Los compuestos fenólicos son sustancias orgánicas ampliamente distribuidas en el reino vegetal. Se sintetizan como metabolitos secundarios con funciones de defensa, y son en gran medida responsables de las propiedades del color, la astringencia y sabor de los vegetales (22).

2.3 Cambios fisiológicos y sensoriales con impacto en la vida de anaquel de los (VMP)

Las hortalizas son productos altamente perecederos. Comúnmente, hasta un 23% de las hortalizas más perecederas se pierden debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos, pérdida de agua, daño mecánico durante la cosecha, envasado y transporte, o a las inadecuadas condiciones de traslado. Estas pérdidas ascienden a más del 50% en las regiones tropicales y subtropicales (18).

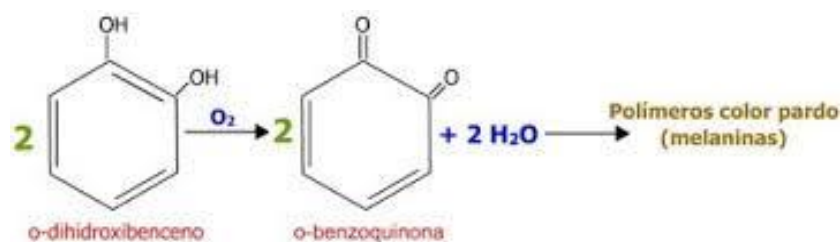
Las operaciones de pelado y troceado así como la manipulación del producto procesado previo al envasado y almacenamiento, influyen significativamente en los distintos mecanismos de alteración al provocar cambios fisiológicos, desencadenando estos en procesos físicos y bioquímicos. Los principales síntomas de deterioro incluyen cambios en la composición química, en la textura, en el color, en el sabor, olor y en un rápido desarrollo microbiano (21).

Los cambios fisiológicos van acompañados de un aumento en la velocidad de respiración y producción de etileno, una pérdida de color, sabor y vitaminas, acelerándose también los procesos de oscurecimiento y ablandamiento del tejido, con la consecuente pérdida de calidad y reducción de la vida de anaquel. El etileno producido por el tejido vegetal dañado induce la síntesis de enzimas asociadas a los procesos de maduración y senescencia del producto cortado, aunado a esto el pelado y cortado presupone una liberación de enzimas y sustratos que facilita e incrementa las reacciones enzimáticas incluyendo la respiración, siendo mucho más alta que la del producto intacto, principalmente durante la primeras horas posteriores al corte. En este sentido, los principales problemas limitantes de la vida útil de los vegetales mínimamente procesados tanto de tipo microbiológico como sensorial y nutricional están relacionados con el corte y exposición del tejido vegetal, afectando distintos atributos del producto(22).

Entre los principales cambios en la composición química y físicos que sufren los productos en fresco desde el momento que son procesados hasta el momento de ser almacenados se incluyen a: la pérdida de sólidos totales, carbohidratos, ácidos, proteínas, aminoácidos, vitaminas, deterioro de la

textura, deshidratación y oscurecimiento enzimático. Muchos de estos cambios se inician como consecuencia de la pérdida de turgencia de los tejidos que lleva a una creciente deshidratación y por último a la muerte celular. Los azúcares, ácidos orgánicos, lípidos y otros sustratos son utilizados por los tejidos como fuente primaria de energía química. Se ha observado que el nivel de azúcares cae y el nitrógeno soluble se incrementa, asociado a una mayor síntesis de enzimas relacionadas con la degradación. En cuanto al contenido de ácidos orgánicos generalmente son mínimos. Mientras que en las vitaminas C y A, así como riboflavina y tiamina se ha observado una disminución en su contenido durante su vida en estante, atribuyéndose este fenómeno a la temperatura de almacenamiento (25).

El pardeamiento enzimático es la alteración más común que se presenta en frutas y hortalizas peladas y/o troceadas, resultando un factor limitante en la vida útil de la gran mayoría de estos productos. La reacción de pardeamiento oxidativo es catalizada por las enzimas polifenoloxidasas (PPO), las cuales en presencia de oxígeno (O_2) actúan hidroxilando los compuestos fenólicos presentes en los tejidos vegetales. Posteriormente, estos compuestos se oxidan también en presencia de PPO y O_2 a o-quinonas, que luego se condensan y reaccionan no enzimáticamente para producir pigmentos pardos denominados genéricamente melaninas (25).



Además la deshidratación y la pérdida de firmeza del tejido vegetal también es ocasionada por la acción de las enzimas pectinesterasas (PE) y poligalturonasas (PG). Estas catalizan las reacciones de hidrólisis de las sustancias pécticas, que forman parte de la estructura de la pared celular y le otorgan la textura característica a los diferentes tejidos vegetales. Por lo tanto

cuando dichas enzimas hidrolizan los compuestos pécticos se pierden la turgencia celular y la textura natural del producto. Es importante destacar que la sensibilidad del tejido vegetal a la hidrólisis enzimática varía considerablemente entre cultivos e incluso con el estado de madurez del tejido. Otro grupo de enzimas que interviene en el deterioro vegetal son las lipooxigenasas. Estas contribuyen a alteraciones en el aroma característico de los vegetales, ya que catalizan las reacciones de peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, dando como producto numerosos compuestos volátiles aldehídicos y cetónicos de aroma desagradable. Asimismo la actividad de las enzimas peroxidasas y catalasas está asociada a las modificaciones de aroma y sabor de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas (25).

Las características sensoriales determinan la decisión de compra de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas por parte del consumidor. Los atributos sensoriales están dados por la apariencia, crujencia, aroma, sabor, color y textura. Por lo que éstos, deben examinarse cuidadosamente cuando se determina la vida útil de los vegetales mínimamente procesados. El color y su uniformidad son dos de las principales características que determinan la calidad de un fruto u hortaliza y se utiliza frecuentemente como un índice de frescura, palatabilidad y valor nutricional del producto ya que se relaciona con la intensidad del sabor y la dulzura, siendo el más importante en la aceptabilidad del producto (26).

Tabla 3. Enzimas vegetales que catalizan reacciones de deterioro en VMP (Stevenson)

Enzimas	Reacción que cataliza	Defecto de la calidad
Lipooxigenasa	Oxidación de ácidos grasos poliinsaturados	Rancidez oxidativa
Polifenoloxidasas	Oxidación de fenoles	Oscurecimiento o pardeamiento
Pectín metilesterasa	Hidrólisis de pectina a ácido péctico y metanol	Ablandamiento, pérdida de textura.
Poligalacturonasa	Hidrólisis de enlaces glicosídicos en ácido péctico.	Ablandamiento, pérdida de textura.
Ácido ascórbico oxidasa	Oxidación del ácido L-ascórbico	Pérdida de vitamina C.
Tiaminasa	Hidrólisis de tiamina	Pérdida de vitamina B ₁

2.4 Calidad Microbiológica de los VMP

El medio ambiente (suelo, agua, aire) está lleno de microorganismos que de forma natural llegan al producto vegetal y que son parte de su microflora normal, muy pocos de ellos representan un riesgo para la salud, la verdadera contaminación ocurre cuando estos tienen contacto directo con contaminación fecal o industrial o por contaminación cruzada del personal, insectos o roedores (27).

Estudios de laboratorio donde se usaron altas dosis de bacterias sugieren que *Salmonella* y *E. coli* O157:H7 pueden contaminar los productos en el campo de cultivo colonizando las raíces de las plantas, donde suelos o semillas contaminadas con bacterias pueden ser la fuente inicial de la contaminación. Posteriormente, desde allí las bacterias pueden distribuirse uniformemente en toda la planta (28).

Las frutas y las verduras artificialmente contaminadas (para fines de investigación) con altas dosis de estas dos bacterias en pruebas de laboratorio no muestran signos de infección o putrefacción, no presentan olores desagradables ni tampoco difieren en apariencia de los no contaminados. Esto puede deberse a que ninguna de estas dos bacterias (*Salmonella* o *E. coli* O157:H7) han evolucionado como patógenos de vegetales, por lo tanto no pueden degradar de manera eficiente los tejidos vegetales para generar signos evidentes de actividad bacteriana (29).

Listeria monocytogenes sobrevive y crece en lechuga fresca y preparada en la forma de un producto listo para servir. Aun cuando *L. monocytogenes* esté inicialmente en bajos niveles en un producto contaminado, este microorganismo puede multiplicarse durante el almacenamiento, inclusive a temperaturas de refrigeración, ya que es psicotrófico. Se realizó un estudio en diferentes alimentos con la finalidad de detectar especies de *Listeria* y encontraron *L. monocytogenes* en 4 de 60 ensaladas preempacadas y en aproximadamente el 90% de las lechugas adquiridas al detal. Los resultados señalan un 25% de muestras contaminadas con el género *Listeria* y 9% con *L. monocytogenes* (7).

La calidad microbiológica en los vegetales mínimamente procesados es un aspecto particularmente crítico debido a que la exposición de la superficie de corte, favorece la contaminación con bacterias, hongos y levaduras. El daño en los tejidos, con la consecuente disponibilidad de nutrientes, provee condiciones favorables para el desarrollo de patógenos. Los géneros y especies, así como la cantidad de microorganismo presentes en los productos mínimamente procesados, varía con la fruta u hortaliza de que se trate, las prácticas de cultivo y la higiene durante la manipulación y procesado (28).

2.5 Mecanismos de contaminación microbiológica

Los factores que contribuyen a la presencia de microorganismos patógenos asociados a estos productos son; la contaminación de las aguas de riego y de los cultivos con residuos fecales de individuos y animales enfermos, la baja eficiencia en los sistemas de desinfección, las condiciones sanitarias del área de empaque, la higiene de los trabajadores y el mal manejo del producto durante el almacenamiento (27).

2.5.1 Planteo, cultivo y crecimiento (27)

La plantación puede ser directa o indirecta, la plantación directa se realiza colocando la semilla directamente en el lugar seleccionado; la indirecta, utiliza una plántula obtenida en invernadero. Durante la plantación es muy importante que la persona que realice esta actividad mantenga sus manos limpias y desinfectadas al trasplantar el material.

El cultivo y crecimiento de la planta son las primeras etapas de mayor riesgo de contaminación, por tal motivo, se debe controlar la aplicación de plaguicidas, y fertilizantes, la calidad del agua, y vigilar las condiciones del lote, así como, la higiene de los trabajadores.

2.5.2 Cosecha-Agua de riego

El agua que se usa durante la cosecha implica numerosas actividades sobre el terreno, incluido el riego, la aplicación de plaguicidas y fertilizantes, el enfriamiento de las frutas y hortalizas y la regulación de las bajas temperaturas

(heladas). Cuando el agua entra en contacto con frutas y hortalizas, la posibilidad de contaminación de estos productos por microorganismos patógenos depende de la calidad de la misma, y si los microorganismos sobreviven en dichos alimentos pueden causar enfermedades (27).

Riesgo Microbiológico: El agua puede transmitir muchos microorganismos, como las variedades patógenas de *Escherichia coli*, especies de *Salmonella* y *Shigella*, *Vibrio cholerae*, así como *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Cyclospora cayentanensis*, *Toxoplasma gondii* y los virus de Norwalk y de la hepatitis A (30).

El agua de uso agrícola puede contaminarse directa o indirectamente si no se evacúan de forma adecuada las heces procedentes de los seres humanos y/o los animales. La contaminación por materia fecal humana puede ocurrir debido a averías o deficiencias en el diseño de los sistemas sépticos y las descargas procedentes de plantas de tratamiento de aguas negras. Entre los ejemplos de fuentes de contaminación sobre el terreno por materia fecal procedente de animales se encuentran la presencia de animales que pastorean en áreas de cultivo, el almacenamiento de estiércol al lado de las tierras de labranza, fugas o reboses en los estanques de estiércol, el acceso no restringido del ganado a las aguas superficiales, pozos o zonas de bombeo, y la existencia de altas concentraciones de fauna silvestre (30).

El tipo de riego también puede favorecer la propagación de microorganismos si el agua está contaminada, por ejemplo; el riego por inundación aumenta las posibilidades de contaminación si se utiliza con cultivos rastreros (que están en contacto directo con el suelo) como la lechuga; la aspersión es una manera rápida de contaminación; el riego por goteo representa la forma de menor riesgo de contaminación (27).

El agua que se utiliza para aplicaciones de agroquímicos debe cumplir con las especificaciones microbiológicas y químicas (27).

2.5.3 Estiércol y Desechos Orgánicos Municipales Sólidos (27)

El material para fertilización inorgánica debe contar con certificado de origen que garantice la calidad sanitaria del producto. En el caso de la fertilización

inorgánica se debe conocer la fuente de su procedencia (estiércol, guano, gallinaza) y la procedencia de estos, debe de contar con la garantía de que se realizó un tratamiento para la disminución de la carga bacteriana, se debe contar con análisis de la carga bacteriana antes de ser incorporado y darle seguimiento y su aplicación debe ser al menos 4 meses previo a la cosecha.

El estiércol y los desechos biológicos sólidos constituyen un fertilizante inocuo y efectivo si se tratan debidamente. Si el tratamiento es inapropiado o inexistente, o se vuelven a contaminar y se utilizan como fertilizante para mejorar la composición del suelo, o se introducen en el agua superficial o las aguas subterráneas por desagüe, es posible que contenga microorganismos patógenos que pueden contaminar las frutas y hortalizas y representar un peligro para la salud. Los cultivos que crecen dentro de la tierra o al ras del suelo son los que corren mayor peligro de contaminación por los microorganismos patógenos que pueden sobrevivir en el terreno. Las frutas y hortalizas que crecen a poca altura del suelo, y que pueden ser salpicadas con tierra durante el riego o por lluvias fuertes también corren peligro si los microorganismos patógenos del estiércol sobreviven en la tierra.

Se deben realizar jornadas de limpieza en el campo para eliminar la basura y frutos podridos, dañados, etc, y colocarlos en un centro de acopio con periodos cortos de permanencia para evitar contaminación cruzada.

2.5.4 Limpieza de las Instalaciones de Producción

Es importante mantener en buenas condiciones los edificios, accesorios y otras instalaciones físicas, para reducir la posibilidad de contaminación microbiológica de frutas y hortalizas (30).

Riesgo Microbiológico: La falta de limpieza en las operaciones en el lugar de empaque puede aumentar considerablemente el riesgo de contaminación de las frutas y hortalizas y el agua que se use con las mismas, ya que pueden existir microorganismos patógenos en el suelo, los desagües y las superficies del equipo de selección, clasificación y empaque. Si no existen buenas prácticas sanitarias, cualquiera de estas superficies que entre en contacto con

las frutas y hortalizas puede convertirse en una fuente de contaminación microbiológica (30).

En la industria alimentaria es muy común la presencia de *biofilms* en conducciones, equipos y materiales ya que pueden formarse en cualquier tipo de superficie, incluyendo plástico, cristal, madera, metal y sobre los alimentos.

El *biofilm* se define como comunidades de microorganismos que crecen embebidos en una matriz de exopolisacáridos y adheridos a una superficie inerte o un tejido vivo (31).

Por su impacto en las etapas iniciales del crecimiento de *biofilm* es importante analizar en detalle la influencia de las características superficiales del sustrato sobre las mismas (31).

Energía superficial. Hidrofobicidad: Existen superficies con alta energía superficial como el acero inoxidable o el oro y otras, como las resinas, con baja energía superficial. Una alta energía superficial del sustrato favorecerá condiciones de hidrofilia y una baja energía superficial, la hidrofobia. Si la energía superficial de la bacteria es superior que la del medio, la adhesión se ve favorecida por la hidrofilia. Por el contrario, en condiciones de hidrofobia, la energía superficial de la bacteria debe ser menor que la del medio circundante para favorecer la adhesión. De forma general, las bacterias con mayor energía superficial tendrán mayor afinidad por sustratos con mayor energía superficial y viceversa. Sin embargo, cuando el sustrato es revestido por el film proteico, éste tiene la cualidad de bajar la energía superficial de aquellos sustratos con alta energía superficial y subir la de los sustratos con baja energía superficial. Es decir, tiene un efecto amortiguador que puede enmascarar los efectos del material (31).

Rugosidad: En general, una gran diversidad de trabajos reportan que aquellas superficies más rugosas tienen la capacidad de retener mayor cantidad de microorganismos. Por ejemplo, la microtopografía de sustratos de acero inoxidable examinada por técnicas como microscopía electrónica de barrido (SEM) ha revelado que la existencia de grietas superficiales podría proveer mayor área para la adhesión celular y, posiblemente, protección frente a la

limpieza y la fuerza de corte del fluido. Se ha observado una adhesión bacteriana superior en superficies rugosas y por lo tanto concluyeron que la rugosidad superficial es un factor importante durante la adhesión bacteriana (31).

2.5.5 Plagas (27,30)

Todos los animales, incluyendo los mamíferos, pájaros, reptiles e insectos pueden convertirse en fuentes de contaminación de frutas y hortalizas, porque pueden tener o transmitir una variedad de microorganismos patógenos, como la Salmonella.

2.5.6 Salud e higiene de los trabajadores

Los trabajadores pueden llevar a los patógenos microbianos en la piel, en el pelo, en sus manos y en sus sistemas digestivos o las vías respiratorias. Los trabajadores pueden contaminar involuntariamente productos frescos y productos de IV Gama, superficies en contacto con alimentos, suministros de agua, u otros trabajadores, y por lo tanto, crear la posibilidad de transmitir enfermedades de transmisión alimentaria (32). Las prácticas básicas de protección de los alimentos relacionados con los trabajadores de la salud y la higiene se dividen en dos categorías: control de enfermedades y la limpieza. Los empleados que padecen infecciones y trabajan con frutas y hortalizas aumentan el riesgo de transmisión de enfermedades por los alimentos (27).

La transmisión por parte de una persona infectada ocurre bajo condiciones variables, que un incluyen un periodo de incubación anterior a que se presenten los síntomas de la enfermedad, y durante la enfermedad en la cual las bacterias y los virus que causan afecciones entéricas se encuentran en las heces fecales y en la orina. Durante la convalecencia los microorganismos también pueden ser transmitidos por el enfermo, el cual se dice que está en estado de "portador" (27).

El personal debe ser consciente de que puede ser vehículo de contaminación, ser incapacitado si presenta enfermedad y contar con agua potable para su consumo.

2.5.7 Agua de lavado dentro del proceso

El reciclado del agua que se utiliza en el procesamiento de frutas y hortalizas puede dar lugar a acumulación microbiológica, aparte de los microbios patógenos procedentes de los cultivos (27).

Aunque el lavado en la industria alimentaria es una de las pocas etapas en las que se reduce la carga de microorganismos alterantes y patógenos, no puede ser considerado como un tratamiento letal que elimine completamente los microorganismos, un claro ejemplo de esta cualidad de supervivencia lo representa *Listeria monocytogenes*, la cual ha demostrado mediante estudios que puede persistir después de los procesos de lavado a nivel industrial (7).

La limpieza de frutas y hortalizas frescas (también denominada tratamiento superficial) puede reducir el riesgo general de contaminación microbiológica en las mismas. Este paso es importante ya que la mayor parte de la contaminación microbiológica tiene lugar en la superficie. Si no se quitan o neutralizan los microorganismos patógenos que se encuentran en la superficie (ni se combaten de otra forma) pueden pasar a otras frutas y hortalizas y acabar contaminando una importante proporción de las mismas (32).

Los microorganismos patógenos humanos, si están presentes en la superficie de las verduras de hoja verde, pueden no ser completamente eliminados por lavado. Esto se debe a que los microorganismos se adhieren a la superficie del producto y pueden estar presentes en rincones y grietas donde los desinfectantes del agua no pueden penetrar durante el proceso de lavado (32).

2.5.8 Actividades de Enfriamiento (32)

Cuando se usa agua y hielo en las operaciones del equipo de enfriamiento ambos deben considerarse como posible fuente de contaminación patógena. También hay que tener en cuenta que se aumenta el riesgo de contaminación indirecta si se vuelve a usar la misma agua para enfriar varios lotes. Por ejemplo, con el tiempo pueden acumularse microorganismos patógenos en el agua de refrigeración cuando se somete a dicho proceso producto contaminado procedente de un contenedor.

2.5.9 Reducción de tamaño y corte (32)

La liberación de fluidos celulares de las plantas cuando el producto es cortado o rallado proporciona un medio nutritivo en el que los patógenos, si están presentes, pueden sobrevivir o crecer. De este modo, si los microorganismos patógenos están presentes cuando se presenta ruptura de la integridad de la superficie del vegetal, el crecimiento de patógenos puede ocurrir y la contaminación puede extenderse. Además, el grado de manipulación y el mezclado de diferentes productos pueden proporcionar oportunidades para la contaminación y para la difusión de la contaminación a través de un gran volumen de producto. El potencial de los patógenos para sobrevivir o crecer se incrementa por la alta humedad y el contenido de nutrientes, la ausencia de un proceso letal (por ejemplo, calor) y las malas prácticas de higiene.

2.5.10 Transporte (27,30)

Las operaciones de carga, descarga, almacenaje y transporte pueden dar lugar a contaminación indirecta por contacto con otros productos, ya sean alimentos o no, y con superficies contaminadas.

Deberá asegurarse que se ha cumplido con los requerimientos de higiene en los camiones antes de ser cargados con frutas y hortalizas. Se debe evitar el uso alternado para cargas de animales y químicos.

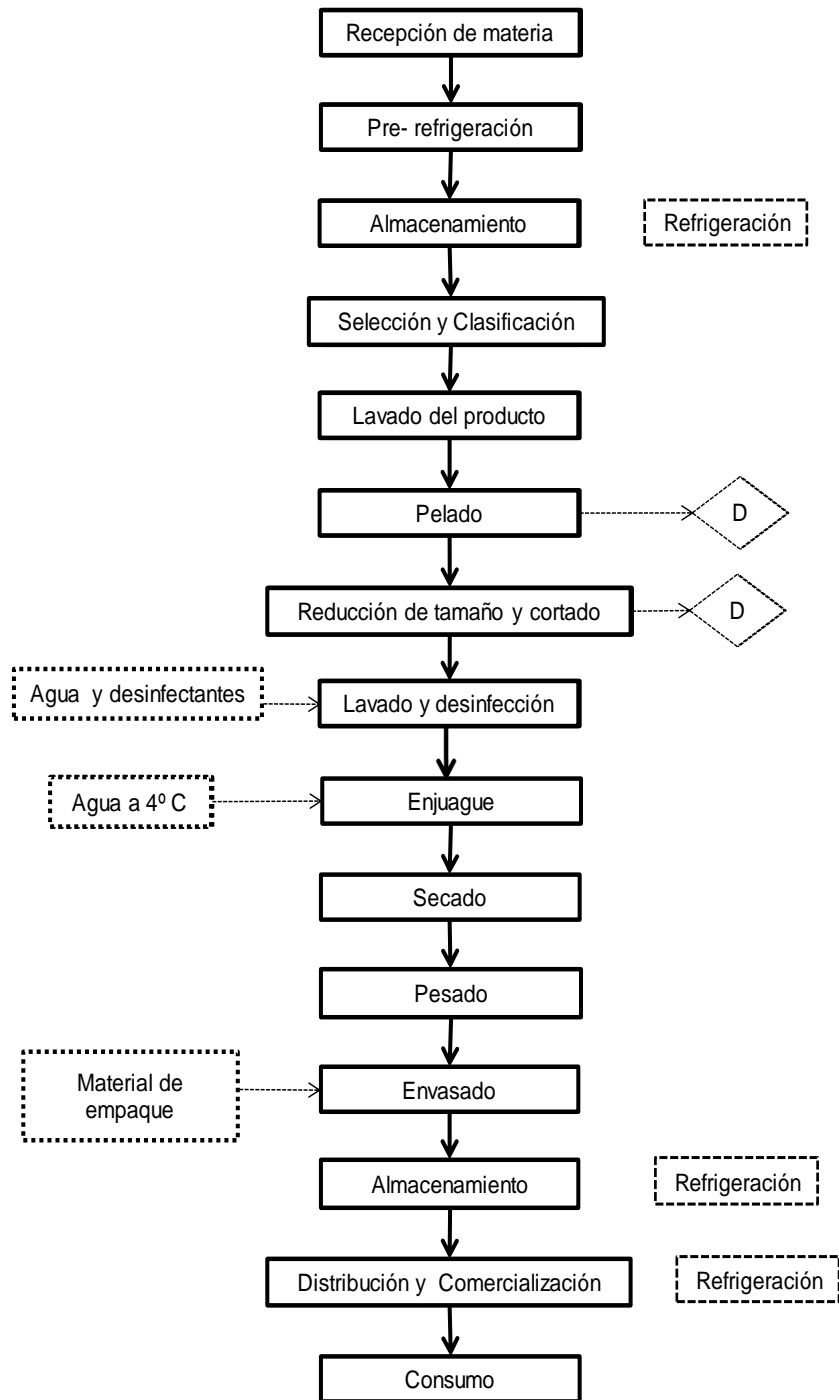
2.6 Producción de vegetales mínimamente procesados

Si bien los procesos de producción dependen de la materia prima y del producto final que se desee obtener, es posible describir un esquema general que enuncie las principales etapas, y las operaciones realizadas en la mayoría de los procesos de elaboración de frutas y hortalizas mínimamente procesadas.

Es conveniente que los establecimientos procesadores de alimentos dispongan de un diagrama de proceso, donde se detallen cada una de las operaciones que se realizan desde la entrada de la materia prima hasta la comercialización del producto final. Para garantizar la calidad e inocuidad de los productos, es fundamental conocer cuál es la forma correcta de llevar a cabo cada una de las distintas etapas (17).

2.6.1 Diagrama de Proceso de VMP

Diagrama 1. Producción de vegetales mínimamente procesados (VPM).



D1 Y D2 : Desechos

2.6.2 Descripción de etapas de proceso de VMP

Recepción de materia prima (5). En esta etapa es fundamental realizar una inspección visual para controlar características como color, olor, textura, temperatura de llegada, y otras. La materia prima ha de ser llevada al centro de producción en el menor tiempo posible.

Pre refrigeración de frutas y hortalizas. Consiste en la extracción del calor que contienen tan rápidamente como sea posible después de la recolección.

Esta técnica constituye el primer factor aplicable para disminuir la velocidad de los procesos biológicos y permite reducir el progreso de la senescencia y el desarrollo de daños y alteraciones, alargando la vida útil del producto.

Existen diferentes métodos efectivos para una rápida eliminación del calor de los productos perecederos. Los sistemas de pre-refrigeración más ampliamente utilizados en la actualidad se pueden agrupar en alguno de los siguientes sistemas (33):

Air cooling (enfriamiento por aire): Se realiza mediante la aspiración de aire a baja temperatura al que se transfiere el calor del producto por diferentes procesos. Es el sistema más utilizado pero el más lento. El pre enfriamiento por aire puede realizarse en diferentes instalaciones: cámara frigorífica convencional, cámara de pre enfriamiento, e inyectores de aire a baja temperatura.

Hydro-cooling (enfriamiento por agua): Consiste en la aplicación de agua a baja temperatura mediante inmersión o aspersion. El agua es un elemento muy buen transmisor de calor porque posee una temperatura específica elevada y los coeficientes de transmisión de calor que se obtienen son muy altos. Estas propiedades aportan diferentes ventajas, tales como tiempos de enfriamiento mucho más cortos que en el enfriamiento con aire y reducción de la pérdida de peso por evaporación superficial del agua del producto.

Vacuum-Cooling (enfriamiento por vacío): Este proceso se basa en la producción de un enfriamiento rápido de vegetales sometiéndolos al vacío para conseguir una evaporación de parte de su contenido de agua. Con esta

técnica, el enfriamiento se produce en un tiempo mucho menor que con el sistema de aire. Las ventajas del enfriamiento bajo vacío son la velocidad y uniformidad y que no se producen podredumbres, pues el producto no se humedece durante el enfriado. Sin embargo, también presenta algunos inconvenientes; sólo se puede aplicar a algunos productos (los que presenten una elevada relación superficie/ volumen con espesores máximos de 20-30 mm.), es costoso (el consumo de energía es alto) y que existe una pérdida de agua del 4- 5% (en algunos productos puede resultar excesiva, en especial cuando no poseen una gran superficie).

Almacenamiento (33). Cuando hay que almacenar la materia prima durante un período prolongado (mayor a un día) antes de su transformación, es necesario hacerlo a temperaturas de refrigeración. Dependiendo de cada producto, la temperatura de almacenamiento deberá estar entre los siguientes rangos: -1 a 6°C, de 6 a 13°C o 13 a 18 °C.

Selección y clasificación (18). El objetivo de esta operación es obtener un producto final que cumpla con un estándar de calidad uniforme al momento de su comercialización. Consiste en realizar una selección y clasificación relacionadas con diversos factores: tamaño, forma, color, firmeza, magulladuras, superficies cortadas, alteración y solidez. Aquellos vegetales de menor tamaño, sobre maduros o defectuosos deberían separarse de los que presenten características aceptables, ya que los productos alterados pueden perjudicar la calidad del resto. Los productos de descarte, que no sean aptos para ser procesados mínimamente pueden ser utilizados, por ejemplo, como materia prima en la elaboración de alimentos balanceados, según corresponda. Puede suponer una pérdida de entre el 20 y el 70 por ciento del producto (dependiendo del tipo de hortaliza y calidad), por lo que es una fase determinante en el coste y calidad final.

La selección y clasificación de frutas y hortalizas puede ser realizada en forma mecánica o manual. La forma mecánica se realiza mediante la operación de distintos equipos seleccionadores de cinta plana, de tambores, de rodillos, vibratorios, entre otros. La forma manual se realiza por personas entrenadas para detectar y comprobar la aceptabilidad o no del producto rápidamente.

Cabe mencionar que la clasificación mecánica tiene la ventaja de la rapidez, fiabilidad y menor costo de mano de obra. El resultado de esta etapa se traduce en la elaboración y comercialización de productos que presentan distinta calidad, la cual varía generalmente entre superior, selecta y estándar. Esta etapa se separa físicamente de las operaciones posteriores con el fin de evitar contaminaciones cruzadas entre las materias primas ya acondicionadas y las materias primas sin acondicionar. La temperatura de la sala en la que se realiza no debe sobrepasar en ningún momento los 8°C.

Lavado (34). El objetivo es eliminar la suciedad, restos de tierra, contaminantes físicos y reducir la carga microbiana mediante la utilización de agua. Esta operación puede realizarse en forma manual o mecánica. Este es el primer lavado que se realiza en el proceso y tiene como objetivo separar y eliminar las sustancias extrañas eventualmente presentes en las frutas u hortalizas o en los cestos o bins de recolección y transporte (ramitas, estacas, insectos, arena, tierra, etc.). En algunos casos resulta efectivo realizar operaciones de separación mediante gravedad, flotación, escurrido o inmersión.

Pelado (35). Consiste en separar la corteza o piel del vegetal. Es importante que durante el pelado el producto no sufra daños físicos ni químicos. Se mencionan a continuación tres tipos de pelado que pueden implementarse en la elaboración de VMP, sin causar deterioro en las características sensoriales.

Pelado al vapor. Los vegetales son introducidos por lotes en un recipiente a presión que gira a una velocidad de 4 – 6 rpm, y al cual ingresa una corriente de vapor a alta presión (1500 kPa). La rotación permite que toda la superficie del vegetal sea tratada por el vapor y el tiempo durante el cual se expone al producto, debe ser determinado previamente. La elevada temperatura del vapor calienta rápidamente la superficie del producto, pero sin modificar sus características sensoriales (color, textura, etc.), ya que el producto posee una baja conductividad térmica. Los equipos de pelado por vapor a presión presentan ventajas respecto a su capacidad de producción, bajo consumo de agua, escasa pérdida de peso y buen aspecto del producto al finalizar la operación.

Pelado a cuchillo. Consiste en eliminar la piel mediante la presión de las frutas u hortalizas sobre cuchillas fijas o rotatorias. Es un proceso en seco y permite obtener un producto con superficie completamente lisa. Se aplica en zanahorias, pepinos para ensalada, papas, remolachas, etc.

Pelado por abrasión. En este sistema los vegetales entran en contacto directo con unos rodillos de carborundo (carburo de silicio artificial) o se colocan en recipientes recubiertos por dicho material. Esta superficie abrasiva arranca la piel, que seguidamente es arrastrada por una abundante corriente de agua. Las ventajas de este método son su bajo costo energético, la escasa inversión inicial, y el buen aspecto que presentan los vegetales pelados así tratados. Se aplica en papas, zanahorias, remolachas, entre otros.

Reducción de tamaño y cortado (26). Son operaciones dirigidas a dar forma y tamaño definido a las frutas y hortalizas. Es importante recordar que el cortado causa daños mecánicos y modificaciones metabólicas y fisiológicas que a su vez pueden ocasionar el rápido deterioro del tejido vegetal. Por esto es necesario enfriar el producto hasta 4°C inmediatamente después del cortado. En la actualidad se comercializan distintos tipos de cortadoras automáticas en continuo o semi continuo, que satisfacen las distintas necesidades de esta industria, según la fruta o vegetal y el tipo de corte que se desee obtener (cubos, rodajas, tiras, rallado, etc.). También se puede realizar de forma manual utilizando cuchillos que han de estar en perfectas condiciones, ya que se trata de una operación muy delicada al suponer la diseminación del contenido celular y el consiguiente peligro de contaminación y pérdida de cualidades que ello supone. La separación y evacuación de los desechos se consigue mediante la disposición adecuada de mesas y cintas.

Segundo Lavado y desinfección. Es una etapa crítica del proceso, ya que su resultado influye directamente en la inocuidad y vida útil del producto final. El objetivo del segundo lavado es enfriar los vegetales luego de la etapa de corte y eliminar los exudados celulares que se producen tras esa operación y que pueden favorecer el crecimiento microbiano, por lo que se emplea abundante agua clorada (100-200 ppm Cloro)(34).

En la selección de un sistema de lavado y desinfección adecuado es necesario tener en cuenta numerosos factores:

- Parámetros físico-químicos del agua de lavado tales como pH, temperatura, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, contenido de materia orgánica, etc.
- Tipo de vegetal a procesar. Específicamente las características que tiene la superficie del producto (roturas, hendiduras, tipo de tejido, hojas internas o externas, etc.).
- Forma de aplicación de los desinfectantes (lavado por inmersión con o sin agitación, rociado, etc.).
- Tiempo de contacto. Carga microbiana inicial.
- Aplicación de una o varias etapas de lavado.
- Relación entre peso y superficie del producto. Un sistema de desinfección resulta efectivo cuando es capaz de mantener un nivel residual del agente desinfectante a la salida del tanque de lavado que garantice la presencia necesaria de desinfectante en el agua, previniendo así la contaminación cruzada entre producto contaminado y producto limpio.

Enjuague (34). Esta etapa se efectúa dependiendo del agente desinfectante utilizado, a fin de eliminar residuos de la superficie del producto. Para mantener fríos los vegetales la operación debe realizarse con agua de proceso a temperaturas próximas a los 4°C.

Secado (35). Operación esencial para garantizar un tiempo de vida útil aceptable de los productos. Dependiendo de las características del vegetal y del volumen de producción puede realizarse un secado centrífugo, secado convectivo por aire frío seco o bandejas vibrantes.

Pesado y envasado (5). Supone la fase final del proceso. Una vez que se han acabado las distintas etapas de acondicionado, pelado, corte, lavado y secado, el producto pasa a través de una cinta elevadora a la envasadora, la cual tiene un dispositivo de pesado, es decir, que en cada envase entrará la cantidad que se haya programado.

Envasado (36). Está destinado a proteger el producto terminado de daños físicos, químicos o microbiológicos durante su almacenamiento, distribución y comercialización. Para el diseño de los envases, en general se utilizan películas plásticas poliméricas. Los dos tipos de envases más utilizados son los preformados y los que se forman, llenan y sellan (“form-fill-seal”) en un equipo de envasado automático. Un factor importante en la elección del material de envase es su permeabilidad, ya que esto determinará cómo se modificará la atmósfera en el interior del envase. Debido a que los vegetales continúan respirando, dentro del envase se producirá una disminución en el contenido de O_2 y un aumento del de CO_2 , lo que puede ocasionar un rápido deterioro del producto. En la actualidad se comercializa una gran variedad de materiales poliméricos de distinta permeabilidad que satisfacen los requerimientos y especificaciones de envasado de VMP. Los más comunes son el LDPE y el PVC flexible.

Almacenamiento, Distribución y Comercialización del producto terminado (17).

La temperatura a la que se debe almacenar y transportar el producto se sitúa entre 1-4°C. El tiempo de almacenamiento debe ser lo más breve posible, no sobrepasando las 48 horas, con el fin de maximizar el periodo de vida útil del producto en el punto de venta. Dada la fragilidad de productos de IV gama, que necesitan una cadena de frío sin fallos durante su distribución, se han diseñado diferentes tipos de contenedores (cajas isotérmicas de poliestireno, con hielo carbónico, etc.). Estos sistemas de protección térmica permiten suavizar los choques de temperatura que sufren estos productos desde los centro de producción hasta el punto de venta.

2.7 Tecnologías aplicadas a VMP

Las técnicas de conservación se aplican para controlar el deterioro de la calidad de los alimentos. Sin embargo, la prioridad de cualquier proceso de conservación es minimizar la probabilidad de ocurrencia y de crecimiento de microorganismos deterioradores y patógenos. Desde el punto de vista microbiológico, la conservación de alimentos consiste en exponer a los microorganismos a un medio hostil (por ejemplo a uno o más factores adversos) para prevenir o retardar su crecimiento, disminuir su supervivencia o causar su muerte. Desafortunadamente, los microorganismos han desarrollado distintos mecanismos para resistir los efectos de estos factores ambientales de estrés. Estos mecanismos, denominados mecanismos homeostáticos, actúan para mantener relativamente sin cambio los parámetros y las actividades fisiológicas claves de los microorganismos, aun cuando el medio que rodea a la célula se haya modificado y sea diferente. Para ser efectivos, los factores de conservación deben superar la resistencia microbiana homeostática (37). En los alimentos preservados por factores combinados, los microorganismos vegetativos y esporas utilizan una combinación de factores de conservación. Por ejemplo, en el caso de células vegetativas, se reduce la disponibilidad de energía (removiendo O₂, limitando nutrientes, reduciendo la temperatura) y/o se incrementa la demanda de energía (reduciendo aw y pH, añadiendo compuestos activos a nivel de membrana). Algunas alternativas para combatir estas formas de resistencia, consisten en dañar las estructuras claves ya sea por ataque químico, enzimático o físico sobre la membrana o provocando la germinación de las mismas (con “falsos disparadores”, por aplicación de altas presiones, etc.) (38).

2.7.1 Tecnología de Barreras (*Hurdle Technologies*)

El uso exclusivo de tratamientos físicos o químicos generalmente no permite alargar en la forma deseada la vida de anaquel de los productos mínimamente procesados, por ello la combinación de estos tratamientos con frecuencia suele ser imprescindible para mantener la calidad de frutas y hortalizas mínimamente procesadas (39).

La importancia de los modelos para estimar la vida útil de los vegetales mínimamente procesados radica en el hecho de que proporcionan vías objetivas para medir la calidad y determinar los límites de empleo del alimento siempre y cuando se fundamente en el conocimiento de los mecanismos de deterioro; por ejemplo, mediante la estimación de parámetros característicos como la carga microbiana o algún atributo sensorial, y así establecer la vida útil a través de un modelo estadístico adecuado (39).

La tecnología de barreras implica la utilización de diferentes técnicas de conservación, dentro de las que sobresalen, el uso de desinfectantes, tratamientos térmicos, aditivos químicos, empaques en atmósferas modificadas, almacenamiento a bajas temperaturas, entre otros, esto con el fin de reducir el uso intensivo de una técnica conservación y de esta forma producir un menor impacto en las características sensoriales y nutricionales del alimento. La reacción positiva a uno o varios tratamientos depende de la matriz vegetal que se esté empleando, siendo necesario realizar estudios que permitan identificar cual es la secuencia de tratamientos necesaria para obtener un efecto sinérgico y de esta forma producir un efecto de barrera que permita prolongar la vida útil de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas (38).

La tecnología de barreras no sólo se aplica a la estabilidad microbiológica, sino que se hace extensivo a la calidad total. Es así, que en los últimos años, un gran número de publicaciones en la literatura internacional se refiere a la utilización de este concepto con distintas finalidades: optimizar tecnologías tradicionales; desarrollar nuevos productos y como medida de seguridad o trazabilidad para asegurar la calidad microbiológica de alimentos mínimamente procesados. Para que el concepto de barrera sea aplicado exitosamente, es necesario cuantificar la influencia de los distintos factores sobre el crecimiento microbiano. Dentro de los criterios para seleccionar los factores de conservación a combinar que aseguren la estabilidad de las hortalizas, cabe destacar: los tipos de microorganismos que pueden estar presentes y pueden crecer, las reacciones bioquímicas y fisicoquímicas que pueden deteriorar la calidad del producto, la infraestructura disponible para la elaboración y el

almacenamiento, las propiedades sensoriales, la vida útil y el tipo de envasado deseado (23).

2.7.1.1 Atmósferas modificadas (40)

Esta técnica de conservación se basa en la modificación de la atmósfera que rodea el producto y es efectiva como alternativa, complementada de la refrigeración. Este método consiste en confinar el alimento en una atmósfera compuesta por una mezcla de gases en proporciones definidas, diferente de la atmósfera normal.

Las técnicas más empleadas son el almacenamiento bajo atmósferas controladas (AC) y el empaqueo bajo atmósferas modificadas (AM), ambas requieren que la composición gaseosa de la atmósfera que rodea a un vegetal sea rica en CO₂ y pobre en O₂, ya que en buena parte los alimentos se deterioran por reacciones oxidativas, que pueden ser propias del metabolismo celular del producto, del desarrollo de microorganismos (patógenos o deterioradores) o insectos aeróbicos; o como resultado de la actividad enzimática que tenga como sustrato el oxígeno.

El uso de películas de empaque hace posible la modificación de la composición de O₂ y CO₂ de la atmósfera que rodea los productos frescos de manera individual, sin tener que controlar todo un lote. La AM puede obtenerse por modificación activa o pasiva; en la activa, la atmósfera se modifica durante el empaqueo generalmente por inyección de una mezcla de gases de una composición dada (100% de CO₂ o combinación de CO₂-O₂ con una proporción elevada del primero) y en la pasiva la permeabilidad a los gases (O₂, CO₂, etileno y vapor de agua) de las películas y la respiración del producto permitirá la creación de una atmósfera de equilibrio. Inmediatamente después de empaquear un vegetal, la concentración interior de O₂ comienza a disminuir y la concentración de CO₂, agua y etileno (para frutos climatéricos) se incrementa como consecuencia de la respiración. Si la película es poco permeable se puede llegar a condiciones de anaerobiosis con la formación de etanol, acetaldehído u otros compuestos orgánicos asociados a olores y calidad indeseable. La mayor parte de frutas y hortalizas frescas son sensibles a condiciones de anaerobiosis por lo que deben almacenarse con al menos 5%

de O_2 . Los gases de mayor importancia en AM para frutas y vegetales frescos son O_2 , N_2 , y CO_2 . En AM se busca la reducción hasta los niveles más bajos posibles de O_2 pero a niveles a los cuales aún se cubran los requerimientos de respiración del producto, la retención de color, o para evitar condiciones anaerobias. El N_2 es un gas inerte, con baja solubilidad en agua y grasas, y se usa fundamentalmente para desplazar el O_2 y para prevenir el enranciamiento en frutos secos. Entre los principales gases aplicados en el envasado en atmósfera protectora, el CO_2 es el único con propiedades bacteriostáticas, fungistáticas e insecticidas. Su mecanismo de acción no se ha descrito por completo aunque se sabe que prolonga la fase de latencia microbiana. Para lograr estos efectos su concentración debe estar comprendida entre 20-60%. Es muy eficaz frente a bacterias aerobias Gram-negativas (*Salmonella*, *Escherichia coli*) y mohos. En menor medida también afecta a bacterias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*) y levaduras. En cambio, favorece el desarrollo de otros microorganismos como las bacterias ácido lácticas.

El dióxido de carbono inhibe el crecimiento de bacterias, hongos e insectos y su volumen en las cámaras puede alcanzar hasta el 10-15%. Si se sobrepasan estos niveles (o se supera el límite de tolerancia del producto para este gas) se induce la respiración anaerobia y, con ella, la acumulación de metabolitos potencialmente tóxicos para el vegetal. Asimismo, surgen otros problemas indeseables como el pardeamiento y la necrosis de algunos tejidos.

En el envasado en atmósfera modificada de vegetales frescos y mínimamente procesados también se combinan un pequeño volumen de oxígeno y una gran proporción de dióxido de carbono además de nitrógeno. La concentración de estos gases en el espacio de cabeza del paquete varía debido al metabolismo respiratorio de estos productos. En este caso, los cambios se compensan con la difusión de gaseosa través del material de envasado hasta establecer una atmósfera en equilibrio. En ella, la cantidad de oxígeno que consume el vegetal se recupera con el O_2 del exterior mientras que el exceso de CO_2 y el vapor de agua liberados en la respiración salen del envase.

Ventajas del uso de AM

- El almacenamiento y envasado de los vegetales frescos en atmósfera protectora aumenta la vida comercial de estos productos y preserva su calidad por su acción sobre las reacciones de deterioro y el crecimiento de microorganismos.
- Se trata de un sistema que soporta el metabolismo respiratorio de los vegetales, disminuye su tasa de respiración y la producción de etileno. Por tanto, retrasa la senescencia de estos productos y mantiene su estado óptimo de maduración hasta su consumo.
- La composición de la atmósfera protectora inhibe el desarrollo de microorganismos patógenos y alterantes y de insectos.
- Permite reducir o prescindir de otros tratamientos complementarios de conservación sin que ello afecte a la duración del producto. Además, se utilizan determinados gases protectores como alternativa a los tratamientos insecticidas y fungicidas. El envasado en atmósfera modificada mejora la presentación de los vegetales frescos y los productos mínimamente procesados y de IV gama.
- Gracias al aumento de la vida útil que se consigue con la atmósfera protectora puede reducirse la frecuencia de distribución, ampliarse la zona de reparto, disminuir las pérdidas y las devoluciones por producto caducado.

Desventajas del uso de AM

- La eficacia de este sistema depende de la elección de los gases adecuados a las necesidades del vegetal envasado. Para ello, deben conocerse sus características físico-químicas, las reacciones de deterioro más importantes, los límites máximos y mínimos de tolerancia a cada uno de los gases protectores, etc.
- Algunos vegetales desarrollan nuevas patologías y daños fisiológicos derivados de su almacenamiento en atmósfera controlada.

- Se necesita mantener un control estricto de la temperatura puesto que la actividad respiratoria varía en función de este parámetro. Si se conservan los productos vegetales a temperaturas inadecuadas y su tasa respiratoria cambia, la permeabilidad del material de envasado a los gases puede resultar insuficiente para compensar las modificaciones que experimenta el espacio de cabeza.
- La acción protectora de la atmósfera creada en el interior del envase desaparece tras su apertura o si se producen daños en la integridad del material de envasado.

2.7.1.2 Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos y mínimamente procesados en aspectos tales como actividad antioxidante, color, firmeza, calidad sensorial, inhibición del crecimiento microbiano, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de anaerobiosis.

La efectividad de un recubrimiento comestible para proteger frutas y vegetales depende del control de la humectabilidad, de la capacidad de la película para mantener compuestos de diversa funcionalidad (plastificantes, antimicrobianos, antioxidantes, sabores, olores) dentro de dicha matriz, ya que la pérdida de dichas soluciones afecta el espesor de la película y de la solubilidad en agua (41).

Técnicamente, se habla de recubrimiento cuando una solución aplicada sobre un producto forma una película superficial al secarse. En la práctica, se habla indistintamente de film o recubrimiento, haciendo referencia a una delgada capa de material que cubre la superficie del alimento, aplicada mediante inmersión, aspersion o con la ayuda de un equipo que contenga cerdas (brocha), o bien como una envoltura continua que separa distintos componentes alimenticios, que puede ser consumida como parte del producto . En la actualidad existe un gran interés en el desarrollo de recubrimientos comestibles de alto desempeño que permitan una protección efectiva de la

calidad de los bienes de consumo y ofrezcan además, seguridad en el plano alimentario para el consumidor. Por ello el enfoque en la ciencia de las películas comestibles de matriz hidocoloidal (41).

Los recubrimientos comestibles deben presentar ciertos requerimientos funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir. Algunos de estos requerimientos, dependientes de la naturaleza del producto alimenticio al cual se aplica y de su principal mecanismo de deterioro. Los principales requerimientos funcionales que deben cumplir los recubrimientos comestibles son: ser transparentes, no otorgar sabor y olor diferente al alimento, no ser detectados durante su consumo, presentar una adecuada permeabilidad al vapor de agua y solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles, estar libres de tóxicos y ser seguros para la salud, requerir una tecnología simple para su elaboración, además las materias primas y la producción del recubrimiento debe ser de bajo costo (42).

Para la formación de un recubrimiento comestible se necesita en primer lugar de una solución que pueda constituir una matriz estructural con suficiente cohesión. Otro componente importante de los recubrimientos comestibles son los plastificantes. Estos son moléculas pequeñas de bajo peso molecular, de baja volatilidad y con una naturaleza química similar a la del polímero formador del recubrimiento. Se usan para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de los recubrimientos. Dentro de los agentes plastificantes utilizados más frecuentemente se encuentran: glicerol, polietilenglicol, sorbitol, aceites, ácidos grasos, ceras, etc., siendo el glicerol el más utilizado (42).

De acuerdo a su composición los recubrimientos comestibles pueden agruparse en tres categorías dependiendo del tipo de compuesto que incluyan en su formulación, estas tres categorías están conformadas por los hidrocoloides, los lípidos y las formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos (43).

Los materiales hidocoloidales, es decir, proteínas y polisacáridos, se utilizan ampliamente para la formación de películas y recubrimientos comestibles gracias a que forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas, además son una buena barrera para los gases (oxígeno (O₂) y dióxido de

carbono (CO₂). Ejemplos de estos son: alginato, carragenina, carboximetilcelulosa, goma arábica, pectina, goma xantana, proteína de soja, proteína de suero lácteo, caseína, colágeno y gelatina. La principal desventaja que presentan se debe a que no impiden suficientemente la transmisión de vapor de agua (41).

Los polisacáridos son los hidrocoloides que más se utilizan como recubrimientos en frutas y hortalizas, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Los polisacáridos presentan buenas propiedades barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceadas, pero son hidrofílicos y por lo tanto constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad. Los polisacáridos más utilizados en la formación de recubrimientos comestibles son: Las pectinas de alto y bajo metoxilo, la celulosa y sus derivados, el alginato, el quitosano, la dextrina, el carragenato, y las goma arábica, guar y xantan (43).

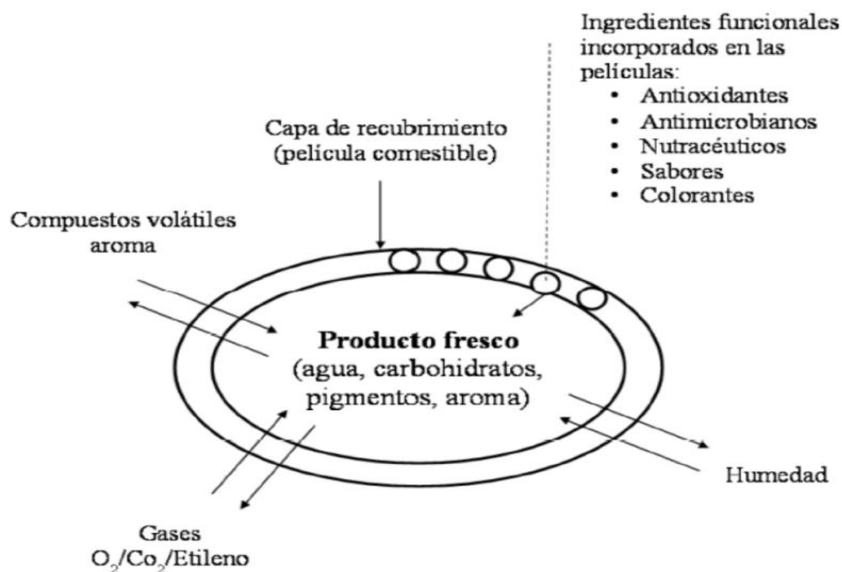
Los lípidos son compuestos hidrofóbicos y no poliméricos con buenas propiedades de barrera al vapor de agua y a los gases, pero con poca capacidad para formar recubrimientos. Reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior y pueden mejorar el brillo. Sin embargo, los recubrimientos basados en lípidos presentan una superficie grasosa y propiedades organolépticas no deseadas como un sabor a cera y cierta rancidez. Los lípidos se utilizan en la formulación de recubrimientos con el objetivo de mejorar la propiedad barrera al vapor de agua. Entre los lípidos comestibles que pueden ser incorporados en la formulación de recubrimientos comestibles se encuentran las ceras (cera de abeja, cera candelilla y cera carnauba), la goma laca, la goma xantana y los ácidos grasos tales como el ácido esteárico, palmítico, láurico y oleico, entre otros (41).

Beneficios potenciales del uso de películas comestibles (43)

- Protección contra la pérdida de humedad en la superficie de productos. La pérdida de humedad post-cosecha durante el almacenamiento de frutas hortalizas conduce a pérdida de peso, cambios en textura, sabor y apariencia.

- Barrera a los gases, suficiente para controlar el intercambio de gases entre producto de la atmósfera circundante, lo cual disminuye la tasa de respiración y demora el deterioro. También podría retrasar la degradación enzimática y proteger al producto del pardeamiento y ablandamiento durante el almacenamiento.
- Restringe el intercambio de compuestos volátiles entre el producto fresco y su entorno, lo que evita la pérdida de compuestos volátiles aromáticos y componentes de color así como la adquisición de olores extraños.
- Protege contra daños físicos causados por impactos mecánicos, presión, vibración y otros factores mecánicos.
- Transporta ingredientes funcionales.

Imagen 3. Propiedades funcionales de una película comestible en frutas y hortalizas mínimamente procesadas (43).



Una nueva generación de películas comestibles se está desarrollando con el objetivo de permitir la incorporación o la liberación controlada de compuestos activos utilizando la nanotecnología como es la nano encapsulación y compuestos multicapa. La micro y nano encapsulación de compuestos activos con películas comestibles puede llegar a controlar la liberación de estos bajo

ciertas condiciones específicas, protegiéndolas así del calor, la humedad u otra condición extrema, mejorando de esta forma su estabilidad y viabilidad. El uso de nanolaminados o sistemas multicapa ofrece perspectivas prometedoras, en donde las superficies de las frutas u hortalizas son recubiertas con películas interfaciales que constan de múltiples monocapas (42). Esta segunda generación de materiales de recubrimiento puede emplear sustancias químicas, compuestos fitoquímicos, enzimas o microorganismos vivos que previenen, por ejemplo, el crecimiento microbiano en los productos alimentarios que han sido recubiertos.

2.7.1.3 Baño químico: Antioxidantes, Texturizadores y Antimicrobianos.

La apariencia es uno de los principales atributos utilizados para evaluar la calidad de los alimentos en general. En los vegetales frescos en particular, la primera propiedad apreciable es el color, producto de sus propios pigmentos tales como clorofilas, carotenoides y antocianinas. En frutas y hortalizas mínimamente procesadas, los cambios de color constituyen una característica indicativa del deterioro y la pérdida de calidad, ya sea a causa de reacciones enzimáticas específicas o por el avance natural de la madurez. La adición de agentes químicos es el tratamiento que más se utiliza para el control del pardeamiento y ablandamiento de los tejidos vegetales, además del control del crecimiento microbiano (44).

La adición de antioxidantes retarda o inhibe la reacción de pardeamiento enzimático, actuando sobre la enzima o el sustrato. Los más utilizados en el tratamiento de frutas y hortalizas mínimamente procesados son el ácido cítrico, el ácido ascórbico, la cisteína, 4-hexilresocinol y N-acetilcisteína, entre otros ya sea solo o combinados (44). El ácido ascórbico (AA) ejerce su efecto sobre las ortoquinonas reduciéndolas a difenoles e inhibiendo de esta forma la acción de la polifenoloxidasas mediante la disminución del pH, o quelando el Cu^{2+} que necesita la enzima para estar activa (26).

Los tratamientos combinados de ácido ascórbico y sales de calcio, además de controlar el pardeamiento enzimático refuerzan las estructuras de las paredes celulares en frutas mediante la interacción de las sales de calcio con ácidos

pécticos y posterior formación de pectatos cálcicos que originan sobre la pared celular enlaces químicos más fuertes. Las inmersiones en disoluciones de cloruro de calcio de concentración 0.1% a 1% han mejorado la textura de fruta fresca cortada (45). Las formas usadas en la industria son lactato de calcio, cloruro de calcio, fosfato de calcio, propionato de calcio y gluconato de calcio, la elección de la fuente adecuada depende de la bioviabilidad, solubilidad, sabor y su interacción con el alimento. El lactato de calcio se usa principalmente para frutos delicados que tienen un índice de envejecimiento alto, se utiliza en concentraciones de 0.5 a 2% y se ha reportado como una buena alternativa al uso de cloruro de calcio, ya que evita el sabor amargo asociado con esta sal (45).

El uso de tratamientos a base de calcio presenta una ventaja adicional en algunos casos el producto final puede aumentar significativamente el contenido de calcio lo que podría mejorar la apreciación de estos productos (45).

Las películas (films) y recubrimientos antimicrobianos han innovado el concepto de empaque activo y se han desarrollado para reducir, inhibir o detener el crecimiento de microorganismos sobre la superficie de los alimentos. En la mayoría de productos frescos o procesados, la contaminación microbiana se lleva a cabo y con una alta intensidad sobre la superficie del alimento, por lo tanto se requiere un efectivo sistema de control de crecimiento de dicha microbiota (46).

Los agentes antimicrobianos son sustancias químicas que impiden el desarrollo o favorecen la muerte de un microorganismo, pueden ser compuestos sintéticos o bien los que se encuentran presentes naturalmente en algunos alimentos. En el campo de los productos mínimamente procesados, la tendencia actual es la sustitución de los antimicrobianos sintéticos por naturales presentes en especias, hierbas, plantas o extractos (ácidos fenólicos, aceites esenciales, isotiocianatos, etc.), animales (lisozima, lactoperoxidasa, lactoferrina, etc.) o microorganismos (nisina, pediocina, levaduras, etc.)(47).

El uso de quitosano en recubrimientos tiene el potencial de incrementar la vida de anaquel de frutas y vegetales frescos, al reducir la producción de etileno, incrementa la concentración de gas carbónico y minimiza los niveles de

oxígeno. La actividad antimicrobiana del quitosano, podría ser atribuida a la naturaleza policatiónica de su molécula, la cual permite la interacción y formación de polielectrolitos complejos con polímeros ácidos producidos en la superficie de la célula bacteriana (lipopolisacaridos, ácido teicoico, teicurónico, y polisacáridos capsulares). Se ha mostrado que los recubrimientos y películas a base de quitosano probados sobre *Listeria monocytogenes* tienen un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de dicha bacteria (46).

El uso de compuestos como eugenol, carvacrol, timol y vainillina conlleva la inactivación microbiana debida principalmente a la acción de los compuestos fenólicos que poseen varios de ellos. (47)

Tabla 4. Aceites esenciales y sus componentes (47).

Nombre común	Nombre científico	Fuente	Componente mayoritario	Antioxidante	Antifúngico	Antibacterial
Clavo	<i>Syzygium aromaticum</i>	Brote	Eugenol	Lípido	<i>Penicillium</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
		Hoja			<i>Aspergillus</i>	<i>Lactobacillus sakei</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Hoja	Eucaliptol	Ácido tiobarbitúrico	Hongos y levaduras	Bacterias patógenas
		Madera	Eucaliptone	DPPH		
Menta	<i>Mentha canadensis</i>	Hoja	Mentol	ABTS	<i>Botrytis</i>	Bacterias patógenas
Oregano	<i>Origanum vulgare</i>	Hoja	Eugenol	Peroxidasa	<i>Botrytis</i>	<i>Shigella</i> sp.
		Flor	Carvacrol Timol		<i>Fusarium</i> <i>Clavibacter</i>	
Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Hoja	Carvacrol	Aldehído/	<i>Aspergillus</i>	Bacterias patógenas
			p-Cimeno Timol	Ácido carboxílico		

Los aceites esenciales han sido utilizados como aromatizantes de alimentos, pero en los últimos años ha existido una presión por parte de los consumidores para reducir o eliminar los aditivos sintéticos por lo que los aceites esenciales han ganado interés por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Aunque el mecanismo exacto de acción de los aceites esenciales no sea completamente claro, algunos autores lo han atribuido a su hidrofobicidad, lo que les permite crear particiones y desbalancear el equilibrio de los iones celulares. La principal desventaja del uso de estos compuestos naturales se relaciona con la presencia de aromas que a veces afectan las propiedades sensoriales de los alimentos (47).

2.7.1.4 Tratamientos térmicos

El método de conservación mediante la aplicación de calor es una de las formas más antiguas de conservación utilizada y conocida por el hombre, tiene la capacidad de reducir la carga microbiana y de inhibir la actividad enzimática, aunque cuando es aplicado en altas temperaturas a alimentos frescos como es el caso de los vegetales mínimamente procesados puede llegar a destruir características nutricionales (vitaminas) y sensoriales del alimento (sabor, textura, color). Sin embargo hay tratamientos térmicos en los cuales se utiliza poca intensidad en el proceso, empleando como medio para transferir el calor aire, agua y vapor. La baja intensidad en los tratamientos permite que se pueda controlar el deterioro de la calidad de las frutas y hortalizas frescas, sin afectar sus características nutricionales y sensoriales. Estos tratamientos térmicos considerados suaves por su poca intensidad consisten en someter a los productos a temperaturas entre 50 y 90°C durante períodos de tiempo que no excedan los 5 min. Entre los medios usados para realizar tratamientos térmicos suaves, el agua caliente es el que se utiliza con mayor frecuencia debido a que ofrece mayor flexibilidad y un control fácil del proceso, además el agua funciona mejor como medio para conducir el calor (48). Loaiza et al. (49) reportaron en muestras de lechuga mínimamente procesada que mediante la inmersión en agua a temperaturas de 45-55 °C se obtenía como resultado la inactivación de la enzima polifenoloxidasa (PPO), permitiendo de esta forma alargar su vida útil y conservar su calidad visual gracias a la inhibición de las reacciones de pardeamiento ocasionadas por dicha enzima (POP).

Li et al.(50) también encontraron que mediante la combinación de un tratamiento térmico (50°C/90s) con cloro libre (20 mg/l) se lograba reducir significativamente la población de algunos microorganismos y las reacciones de pardeamiento en lechuga iceberg. Los iones de calcio juegan un papel importante en la estabilidad de las membranas celulares y en la retención de la firmeza, debido a su capacidad para servir como puente entre las sustancias pépticas de la pared celular y de la lámina media, formándose pectato de calcio que aporta estructura al tejido. Al combinar la incorporación de calcio con un tratamiento térmico se favorece la activación de la enzima pectinmetilesterasa, lo que permite la unión del Ca^{2+} endógeno o exógeno con los grupos

carboxílicos libres de los polímeros de pectinas existentes, estabilizando la pared celular (45). Así mismo el tratamiento térmico permite minimizar la actividad del etileno reduciendo la tasa de respiración y favoreciendo la estabilidad microbiológica, y por su lado el calcio contribuye a la reducción de la pérdida de agua y el consecuente aumento en la turgencia celular durante el almacenamiento (51).

2.7.2 Agentes de control biológico (52)

Una tecnología emergente en el control del crecimiento de patógenos es el uso de biocontroles tales como bacterias ácido lácticas (LAB) que compiten con las bacterias patógenas. Los estudios de la utilización de bacterias ácido lácticas han sugerido su uso en combinación con otras técnicas de conservación (lavado, desinfección, irradiación, refrigeración, etc.).

La vida útil del producto sería determinada por el crecimiento del cultivo biocontrol. Si el producto ha sufrido abuso de temperatura durante el almacenamiento o distribución el biocontrol crecería más rápidamente, evitando así el crecimiento de patógenos. Tales cultivos serán una fructífera fuente de nuevas investigaciones.

2.7.3 Envases activos (52)

Los envases activos realizan funciones tradicionales de embalaje como el suministro de barreras a la humedad de vapor y los gases, impidiendo la contaminación de productos desde el exterior, y haciendo la manipulación de alimentos y fácil la identificación. Las tecnologías de envasado activo que han sido especialmente desarrollados para las frutas y las verduras son captadores de oxígeno, emisores de dióxido de carbono, la humedad amortiguadores , absorbentes de etileno, liberadores de agente antimicrobiano , integradores de tiempo e Indicadores de temperatura (TTI) , los indicadores de volatilidad y de radiofrecuencia .

Los sistemas están diseñados específicamente para controlar las reacciones de deterioro de los productos mediante la utilización de ingredientes activos que han sido deliberadamente incluidos en el material de embalaje o el espacio de cabeza.

Aunque la aplicación de películas y recubrimientos poliméricos activos es muy conveniente, sus usos comerciales en la industria alimentaria deben ir acompañadas de las Nuevas Tecnologías de embalaje siguientes precauciones y consideraciones:

1. El ingrediente activo puede cambiar las propiedades del polímero tales como las propiedades de barrera (permeabilidades a los gases y vapor de agua) y propiedades físicas (resistencia a la tracción y alargamiento).
2. El ingrediente activo podría ser perjudicial para la salud humana o bien poniéndose en contacto con el alimentos o por dejar residuos.
3. Cinética de desorción de ingredientes activos son variables y dependen de la permeabilidad de plástico, tipo de ingrediente activo, y el tipo de las condiciones de alimentación y de almacenamiento.
4. Las sustancias activas deben ser autorizadas por los organismos reguladores antes de comercial utilizar.

Absorbentes de Oxígeno (52)

La mayoría de los absorbentes de oxígeno comercialmente disponibles tienen mecanismos de reacción a base de la oxidación del hierro a óxido de hierro. Los absorbentes de oxígeno no metálicos utilizados son: ácido ascórbico, sales de ascorbato , catecol , glutatión , enzimas (por ejemplo , ácidos oxidasa de glucosa oxidasa y etanol) , y ácidos grasos insaturados (por ejemplo, oleico y linoleico), estos se utilizan de forma segura con los materiales de envasado en contacto con alimentos, pero tienen menos capacidad de eliminación de oxígeno que los metálicos.

Aparte de esta protección frente a las alteraciones oxidativas, la incorporación de absorbentes de oxígeno en los envases inhibe el crecimiento de microorganismos aerobios patógenos y alterantes y de insectos.

Absorbentes de Humedad

Es importante controlar la humedad relativa atmosférica durante el almacenamiento de frutas y verduras frescas para mantener una alta calidad. Las frutas y vegetales producen agua por transpiración. La tasa de transpiración depende de la temperatura y también varía entre el día y la noche). La cantidad de humedad en un envase de alimentos es el resultado neto de la transpiración del producto y el paquete de la permeabilidad al vapor de agua. En el procesamiento mínimo de frutas y verduras puede aumentar la humedad relativa en el interior el paquete debido al aumento de la liberación de agua de tejido cortado (53).

Se utilizan varios eliminadores de humedad entre los cuales se encuentran: gel de sílice, arcillas naturales (por ejemplo, montmorillonita), óxido de calcio , cloruro de calcio , y modificados almidón.

La presencia de agua en estado líquido o gaseoso en el interior del envase favorece la alteración físico-química y microbiológica de los alimentos.

Absorbentes de etileno

El control de la concentración de etileno en el “espacio de cabeza” del envase extiende la vida de anaquel.

El permanganato de potasio es el absorbente de etileno más ampliamente estudiado y usado comercialmente. Se elimina el etileno exógeno de la atmósfera circundante del producto por oxidación a glicol de etileno, que más tarde se descompone en carbono dióxido de carbono y agua.

El permanganato de potasio no puede utilizarse en contacto con alimentos productos, debido a su toxicidad, pero por lo general está incrustada en sílice que se incorpora en el interior dispositivos (bolsitas, películas, o filtros) que tienen una alta permeabilidad al etileno.

Varios materiales dispersantes (arcillas, zeolitas, y carbonos) se han incorporado en películas de plástico comerciales y se utilizan para embalaje de frutas y de verduras . Algunas de las industrias que fabrican este tipo de bolsas de empaque son Evert –Fresh bags (EE.UU.), Peakfresh bags (Australia).

Emisores de Dióxido de Carbono

El alto nivel de dióxido de carbono en el “espacio de cabeza” de frutas y verduras envasadas retarda el crecimiento de microorganismos aerobios y reduce la respiración y procesos de senescencia. Esta tecnología utiliza la reacción de bicarbonato de sodio y agentes hidratantes, tales como agua con acidulantes para producir dióxido de carbono.

Integradores Tiempo - Temperatura

Por regla general, la tasa de respiración de las plantas aumenta casi dos veces para cada aumento de 10 ° C. El control de la temperatura de envasado podría ser una buena aplicación para evitar cambios de temperatura en el producto. Los integradores de tiempo-temperatura (TTI) se utilizan como indicadores de la seguridad del producto y la calidad.

Para la aplicación efectiva de TTI, la respuesta TTI debe imitar exactamente la reacción de deterioro de la calidad que generalmente termina la vida útil de los productos. La mayoría de los TTI son en etiquetas autoadhesivas que se puede adherir fácilmente en el interior del envase o en el producto.

Indicadores de gas y material volátil

La frescura de las frutas y verduras se puede determinar por el gas y el material volátil mediciones en el espacio de cabeza. Este indicador detecta metabolitos volátiles generados por los productos tales como el oxígeno, dióxido de carbono, diacetilo, aminas, etanol, hidrógeno y sulfuro. La concentración de etanol en el espacio de cabeza del envase se puede medir por una reacción enzimática basada en sustratos cromogénicos en la que el color indica el grado de fermentación. El azul bromotimol y rojo de metilo son los indicadores cromogénicos más utilizados en la fermentación de frutas y vegetales. Estos reaccionan con el dióxido de carbono producido por la fermentación, y la densidad de color se utiliza para determinar el grado de fermentación.

Identificación por radio frecuencia (RFID).

Esta tecnología utiliza ondas de radio para la identificación y trazabilidad del producto. Incluye la incorporación de una etiqueta RFID en el empaque ,en la cual mediante el uso de un sensor se recopilan los datos sobre el estado del artículo producto (descripción del contenido de la etiqueta) y su historia (por ejemplo , el tiempo que el producto llevaron a mover aunque la cadena de suministro , su temperatura , presión , humedad y fugas de gas) y puede ser recogidos en cualquier punto durante el procesamiento y distribución. La información obtenida desde el análisis de los datos se puede utilizar para el juicio sobre el estado de productos y la trazabilidad en el caso de brotes de infecciones.

Capítulo 3.

3. Medidas preventivas

Según el Codex Alimentarius de 2003, la inocuidad es definida como la garantía de que los alimentos no causen daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman (54).

Es imprescindible la observación de una estricta higiene y prácticas de manipulación adecuada tanto en el campo o el invernadero como en la planta de transformación, así como, la inclusión en el proceso de fabricación de etapas como el lavado-desinfección, con objeto ralentizar la proliferación microbiana y minimizar el riesgo sobre la seguridad alimentaria (34).

3.1 Principios de BPA

Las Buenas Prácticas de Agricultura es un documento que proporciona lineamientos voluntarios para minimizar la contaminación física, química y microbiológica en las operaciones de campo y empaque de los productos hortofrutícolas. Estos lineamientos están diseñados para ser generales y no específicos. Muchas de estas recomendaciones ya son de carácter obligatorio según las leyes y regulaciones federales, estatales y locales. Se plantea la realización de análisis microbiológicos del producto con carácter obligatorio para la exportación.

El uso de BPA abarca desde la selección del materia vegetativo, tipo de siembra, selección y preparación del terreno de cultivo, planteo, cultivo y crecimiento, minimización de riesgos mediante el control del agua, fertilizantes y plaguicidas, sanidad del campo y exclusión de animales, instalaciones sanitarias, higiene y conducta del personal, disminución de riesgos en actividades de cosecha como corte, transporte del campo a empaque, hasta los lineamientos y recomendaciones para las instalaciones del lugar donde se realiza el empaque y limpieza y desinfección del producto. También cuenta con anexos con las condiciones óptimas de almacenamiento por producto (temperatura de almacenamiento, humedad relativa, producción de etileno, sensibilidad al etileno y vida post cosecha) que se deben controlar para mantener la calidad de productos vegetales y frutas.

Las BPA sugieren el uso de metodologías escritas de todas las operaciones agrícolas que describan los procedimientos, así como la frecuencia en la cual serán realizadas para prevenir la contaminación directa o la adulteración del producto.

Las BPA hacen énfasis en la responsabilidad de la empresa productora para la producción de productos inocuos, dichas responsabilidades comprenden desde el uso de registros escritos, la educación y capacitación del personal, la administración de herramientas necesarias y lineamientos para la producción de alimentos saludables, la incorporación de BPA como sistema integral, la supervisión y vigilancia de las conductas y prácticas de higiene de los trabajadores (27).

Principios básicos de PBA por la Food an Drug Administration (FDA)

Al conocer los principios básicos que aseguran la inocuidad alimentaria a un nivel microbiológico en el contexto de la producción, recolección, empaque y transporte de frutas y hortalizas frescas, los productores tienen mayor información para detectar y hacer frente a los principales factores que ponen en riesgo la inocuidad (30). Se les llama principios básicos ya que su conocimiento y aplicación es esencial aunque de carácter voluntario para los productores tanto en los Estados Unidos como en el extranjero para asegurar la inocuidad de sus productos.

Principio no. 1. Es preferible prevenir la contaminación microbiológica de frutas y hortalizas que fiarse de las acciones para combatir dicha contaminación una vez que tiene lugar.

Principio no. 2. Para reducir al mínimo el riesgo microbiológico en frutas y hortalizas frescas, los agricultores, empacadores y transportistas deben usar buenas prácticas agrícolas (BPAs) y buenas prácticas de manufactura (BPMs) en las áreas donde puedan ejercer cierto control.

Principio no. 3. Las frutas y hortalizas frescas pueden entrar en contacto con contaminantes microbiológicos en cualquier punto de su trayectoria desde el

campo hasta a la mesa. La mayoría de los microorganismos patógenos en estos alimentos provienen de las heces fecales de los seres humanos o de los animales.

Principio no. 4. Cuando el agua entra en contacto con las frutas y hortalizas frescas, la calidad y procedencia de la misma determina la posibilidad de contaminación por esta fuente, por lo que hay que reducir lo más posible el riesgo de contaminación por el agua.

Principio no. 5. La práctica de utilizar estiércol o desechos biológicos municipales sólidos debe ser supervisada con cuidado para reducir al mínimo la posibilidad de contaminación microbiológica de frutas y hortalizas.

Principio no. 6. La higiene y prácticas sanitarias de los trabajadores durante la producción, recolección, selección, empaque y transporte juegan un papel esencial en reducir lo más posible el riesgo de contaminación microbiológica de frutas y hortalizas frescas.

Principio no. 7. Hay que cumplir con todos los reglamentos de los gobiernos locales, estatales y federales y las correspondientes leyes, reglamentos y normas en el exterior, sobre prácticas agrícolas.

Principio no. 8. Para que el programa de inocuidad alimentaria de buenos resultados es importante que exista una actuación responsable en todos los niveles del contexto agrícola (en el campo, las instalaciones de empaque, el centro de distribución y el transporte). Hay que contar con personal preparado y un control eficaz para asegurar que todos los elementos del programa funcionen correctamente y se pueda rastrear el origen del producto a través de diversos canales de distribución.

3.2 Reducción de riesgos microbiológicos durante la cadena de abasto de los productos de la IV gama

<p>Producción Primaria (27)</p>	<p>Los peligros biológicos, químicos y físicos pueden variar considerablemente de un tipo de producción a otro debido a que las frutas y hortalizas frescas se cultivan y recolectan en una gran variedad de condiciones climáticas y geográficas utilizando distintos insumos y tecnologías agrícolas, y en explotaciones agrícolas de diferentes dimensiones. Por lo tanto, es necesario que en los procedimientos asociados con la producción primaria se apliquen en condiciones de higiene, que reduzcan al mínimo los peligros potenciales para la salud.</p>
<p>Calidad de la materia prima.</p>	<p>La implementación de un sistema de homologación de proveedores reduce el riesgo de contaminación cruzada.</p> <p>La inspección de la materia prima durante la recepción por medio de controles que rechacen aquellos lotes que incluyan hortalizas con alteraciones físicas o microbiológicas apreciables, evita el riesgo de contaminación cruzada.</p> <p>La elección de proveedores certificados en Buenas Prácticas de Agrícolas reduce significativamente la presencia de peligros biológicos y químicos asociados a estos productos.</p>
<p>Buenas Prácticas de Manufactura.</p>	<p>La verificación y disposición de procedimientos estándares de sanitización (POES) en instalaciones y equipo permite reducir la contaminación microbiológica ocasionada por estructuras de resistencia como el <i>biofilm</i>.</p> <p>Las operaciones de empaque y embalaje deben realizarse con estrictos controles para garantizar la inocuidad del producto.</p>
<p>Implementación del sistema HACCP (55).</p>	<p>Es imprescindible aplicar de forma exhaustiva un Plan de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC / HACCP), con el fin de garantizar la seguridad microbiológica de los alimentos, no sólo del producto final sino de toda la cadena de suministro.</p>
<p>Control de bajas temperaturas</p>	<p>Los productos de la IV gama se deben mantener a temperatura baja (la temperatura óptima dependerá de</p>

<p>durante los procesos que lo requieran.</p>	<p>cada producto en particular) durante todas las etapas del proceso productivo, es decir, la refrigeración debe ser continua y actuar sinérgicamente con otros métodos para garantizar la conservación de estos productos.</p> <p>La velocidad de respiración del tejido vegetal se reduce a temperaturas de refrigeración, contrariamente a temperaturas por encima de los 10°C aumenta significativamente la generación de CO₂, como consecuencia de la mayor actividad metabólica y desarrollo microbiano (33).</p>								
<p>Lavado</p>	<p>Se debe asegurar la calidad sensorial, microbiología y fisicoquímica.</p> <p>El proceso de lavado debe ser estrictamente vigilado y verificado debido a que algunos parásitos (quistes) pueden adherirse al tejido vegetal en especial vegetales con hojas cuando no se lleva a cabo un frotado eficiente dentro de esta etapa.</p> <p>Aunque no existe una técnica específica para la remoción de quistes de parásitos, se recomienda tallar la superficie de la hoja en sentido contrario a la caída a presión de agua tibia.</p>								
<p>Estricto mantenimiento de la cadena de frío del producto.</p>	<p>La ruptura de la cadena del frío a lo largo de la producción, comercialización y consumo de las hortalizas de IV Gama puede tener efectos negativos sobre la calidad microbiológica y seguridad del producto.</p>								
<p>Verificación (27)</p>	<p>Es indispensable contar con procedimientos de verificación interna con el propósito de supervisar la efectividad de los controles del proceso para prevenir riesgos a la salud y para detectar áreas de riesgo en donde se requiera tomar medidas correctivas.</p> <p>Los métodos de verificación incluyen muestreo y análisis de laboratorio para el agua usada y/o consumida en el campo y/o industria productora de VMP, líneas de producción y producto terminado, para los químicos utilizados o par microorganismos específicos, auditorías internas o externas, entre otros.</p> <table border="1" data-bbox="564 1794 1353 2007"> <tr> <td data-bbox="564 1794 999 1839">Analizar durante la cosecha</td> <td data-bbox="999 1794 1353 1839">Frecuencia</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1839 999 1883">Agua de riego</td> <td data-bbox="999 1839 1353 1883">2-3 veces por año</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1883 999 1973">Agua de consumo de los empleados</td> <td data-bbox="999 1883 1353 1973">1 vez por mes</td> </tr> <tr> <td data-bbox="564 1973 999 2007">Agua para aplicación de</td> <td data-bbox="999 1973 1353 2007">De acuerdo al agua</td> </tr> </table>	Analizar durante la cosecha	Frecuencia	Agua de riego	2-3 veces por año	Agua de consumo de los empleados	1 vez por mes	Agua para aplicación de	De acuerdo al agua
Analizar durante la cosecha	Frecuencia								
Agua de riego	2-3 veces por año								
Agua de consumo de los empleados	1 vez por mes								
Agua para aplicación de	De acuerdo al agua								

	<table border="1"> <tr> <td>plaguicidas</td> <td>utilizada</td> </tr> <tr> <td>Analizar durante en proceso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Empaque</td> <td>Agua de lavado y agua de consumo de los empleados</td> </tr> <tr> <td>Equipo y maquinaria</td> <td>Al menos una vez por mes</td> </tr> <tr> <td>Personal (manos)</td> <td>Al menos una vez por mes</td> </tr> <tr> <td>Producto terminado</td> <td>Muestras entre 15 y 20 días</td> </tr> </table>	plaguicidas	utilizada	Analizar durante en proceso		Empaque	Agua de lavado y agua de consumo de los empleados	Equipo y maquinaria	Al menos una vez por mes	Personal (manos)	Al menos una vez por mes	Producto terminado	Muestras entre 15 y 20 días
plaguicidas	utilizada												
Analizar durante en proceso													
Empaque	Agua de lavado y agua de consumo de los empleados												
Equipo y maquinaria	Al menos una vez por mes												
Personal (manos)	Al menos una vez por mes												
Producto terminado	Muestras entre 15 y 20 días												
Trazabilidad (56).	<p>Es una herramienta para conocer todos los elementos que intervienen en la elaboración de un producto (materias primas, aditivos, envases, etc.) y todas las fases por las que pasa dicho producto (recolección, producción, elaboración, almacenaje, distribución, etc.). Se conceptúa como la capacidad de reconstruir el historial de un producto y las condiciones que lo rodean a lo largo de toda la cadena alimentaria, es decir, desde la granja a la mesa.</p> <p>La aplicación de un sistema de trazabilidad en la producción, empaçado y distribución de los productos hortofrutícolas genera diversos beneficios de los que se pueden destacar los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar el historial de un producto. Permite la localización rápida del origen de una no conformidad de los alimentos que pudieran estar potencialmente contaminados, para ser retirados del mercado. Minimiza el impacto económico de las empresas al individualizar solo el alimento o el lote que presenta una no conformidad con respecto a su inocuidad. Facilita la definición de responsabilidades frente a una emergencia sanitaria o a un notorio deterioro de los niveles de calidad ya que permite identificar el eslabón de la cadena donde se produjo el problema. <p>La empresa debe disponer de un procedimiento de rastreo operativo en todo momento.</p> <p>La Iniciativa de Trazabilidad de Productos (PTI) fue</p>												

	<p>creada en 2008 y está destinada al desarrollo de procesos de trazabilidad que permitan el seguimiento y rastreo electrónico de productos a través de los miembros de la cadena de suministro de los productos vegetales. Con la finalidad de rastrear y localizar productos ésta iniciativa aboga por el uso de un mínimo de estándares para servir como un enlace entre cada miembro de la cadena de suministro, dentro de los cuales el código de barras es clave para permitir que la información sea capturada automáticamente a través de la cadena (57).</p> <p>Por otro lado, la trazabilidad interna es el desarrollo de todos los procesos que intervienen en un producto o servicio, con su documentación respectiva, registros, autorizaciones, inconvenientes, tiempos todo lo que afecte esta cadena histórica dentro de la industria.</p>
--	--

3.3 Lavado y Desinfección en el proceso de producción de la IV gama

La desinfección empieza con un programa efectivo de limpieza. En la industria de los alimentos generalmente existen protocolos para mantener la limpieza en las áreas de producción. Estos protocolos consisten en procedimientos donde inicialmente se lleva a cabo la remoción de suciedad y residuos causados por medios mecánicos, después de la remoción se realiza un pre enjuague con alta a presión. Posteriormente se aplica un detergente para el tipo de suciedad que se desea remover, se deja actuar por un periodo de tiempo y se realiza un enjuague con agua potable para remover los restos de suciedad y residuos de detergente. Una vez finalizada la limpieza se puede llevar a cabo la desinfección (27).

Los Procedimientos estándares operativos de sanitización (POES) son desarrollados para proveer una descripción de un proceso que se llevarán a cabo diariamente antes y durante las operaciones. Para cada etapa de una operación de limpieza y desinfección deberán desarrollarse las SSOP con la finalidad de estandarizar métodos y de esta manera prevenir la contaminación de los productos. Para lograr la eficiencia de los POES se deben de mantener registros por escrito de su realización, debe de inspeccionarse diariamente la

aplicación de estos y ser evaluados rutinariamente para verificar su efectividad (27).

La limpieza efectiva depende de la temperatura, de la dureza del agua, el pH, el tiempo de contacto y el método de aplicación del detergente. La desinfección por su parte, es esencial para el control de la contaminación microbiana.

Las características con que las que debe contar idealmente un desinfectante y un antiséptico son: amplio espectro, acción rápida, no ser afectado por factores del medio ambiente, efecto residual no tóxico, no corrosivo, inodoro, estable y solubilidad en agua (27).

Recomendaciones Generales (27):

1. Llevar a cabo una vigilancia periódica de la concentración del desinfectante durante las operaciones de lavado de hortalizas mínimamente procesadas.

La cantidad de cloro que consumen las sustancias reductoras y la materia orgánica se define como demanda de cloro. Cuantitativamente representa la cantidad que se agrega menos la que se conserva al término de la reacción (cloro residual) y se mide en mg/l, o en partes por millón. El tiempo de reacción generalmente se fija en 10 minutos para agua potable y de 15 a 30 minutos para agua residual. La demanda de cloro es la cantidad mínima necesaria de cloro activo para eliminar las bacterias del agua en el nivel deseado después de que el cloro haya reaccionado con las sustancias presentes. Para evaluar la demanda de cloro se agregan cantidades conocidas del reactivo y se evalúa la cantidad remanente de microorganismos (58).

Para determinar la dosis óptima, se deben realizar pruebas de laboratorio agregando cantidades crecientes de cloro al agua y midiendo su concentración a través del tiempo. La dosis óptima será la que produzca un residual de cloro libre siendo de 0.2 a 1.5 mg/l para agua potable al final del período de contacto o la destrucción total o parcial de patógenos según requiera la norma (1000 NMP/1000 ml de coliformes fecales para agua de riego según la NOM-001-ECOL-96).

2. Emplear concentraciones de cloro libre suficientes para obtener una calidad microbiológica aceptable. La concentración de cloro deberá fluctuar entre 100 y 300 ppm de cloro total o alrededor de 50 a 75 ppm de cloro libre. Para lograr esta concentración es esencial mantener el pH entre 6.0 y 7.0 para que se libere entre un 96.8 y un 75.2 % de ácido hipocloroso. A un valor de pH de 8.0 se reduce el porcentaje del ácido hipocloroso hasta un 23%.

El lavado y desinfección tienen implicaciones económicas y ambientales. Uno de los retos para la industria alimentaria es la minimización del consumo de agua y de descarga de aguas residuales. La cantidad de agua residual generada por unidad de masa de producto depende de la técnica de desinfección empleada. La técnica capaz de desinfectar de manera eficiente tanto en el agua de proceso como el producto permitiría una alta relación de reciclado y de ese modo reduciría las tasas de material residual y tendría menor impacto en el medio ambiente (59).

3.3.1 Etapas de Lavado, Desinfección y Enjuague. Prescripción y Recomendaciones

Prelavado (27,34).	Se llevará a cabo en el área de recepción y preparación del producto para su procesado.
Prescripciones previas	El prelavado de los frutos se aplicará una vez retiradas las partes no deseables (pedúnculo, ápice u otras partes no comestibles) y antes de proceder al corte o troceado.
Recomendaciones	<p>1. Es importante mantener el agua limpia de sedimentos y materia orgánica (5 unidades de turbiedad nefelométricas) controlar y verificar la temperatura del agua y la concentración del desinfectante, así como su pH. Si existe un diferencial de 12°C entre la temperatura interna del producto y el agua, el producto tenderá a absorber agua, especialmente si presenta espacios intracelulares amplios lo que aumenta el riesgo de la entrada de microorganismos.</p> <p>2. En caso de abastecimiento de agua de una red pública, se comprobará periódicamente el nivel de cloro y los parámetros físico-químicos establecidos según la legislación vigente.</p> <p>2. Si se emplea agua de otra procedencia, se deberá disponer de un sistema de filtrado y un dispositivo de bombeo para adicionar un producto desinfectante.</p>

	3. Se podrá adicionar productos desinfectantes en concentraciones superiores a las del agua potable.
--	--

Lavado y Desinfección (34,76).	Se aplicará después de las operaciones de corte o troceado del producto.
Prescripciones previas	Pre lavado
Recomendaciones	<p>1. Es importante que la Temperatura del agua esté unos 5-6°C por encima de la Temperatura interior de los frutos a lavar, para evitar la absorción de agua por los tejidos (27).</p> <p>2. Se utiliza un agente sanitizante adecuado para el tipo de producto.</p> <p>En el procesado de productos de IV Gama el agua de lavado presenta concentraciones altas de materia orgánica procedente de los fluidos y exudados propios de los frutos, liberados en las operaciones de corte. Por ello será necesario, en caso de que se utilice un desinfectante que reduzca su actividad en presencia de materia orgánica se aplique una concentración mayor de desinfectante; y se vigile que la concentración necesaria se mantiene a lo largo de todo el proceso de lavado.</p> <p>Los productos mínimamente procesados están destinados a ser consumidos sin ser lavados ni cocinados una vez adquiridos por el consumidor, por lo que se deben considerar los siguientes aspectos a la hora de aplicar un agente desinfectante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Su eficacia en la eliminación de posibles microorganismos patógenos; <p>-Se deberá utilizar un producto autorizado para el tratamiento de agua de consumo humano y para la industria alimentaria.</p>

Enjuague (34,55).	Se llevara a cabo para eliminar posibles restos de residuos químicos en concentración superior a los límites recomendados.
--------------------------	--

Prescripciones previas	Sólo se lleva a cabo si el desinfectante utilizado lo indica.
Recomendaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se deberá asegurar la ausencia de residuos de la sustancia activa desinfectante en el producto final. 2. Para ello se realizará los controles analíticos necesarios en función del producto desinfectante utilizado en la etapa de lavado. 3. En el enjuague se utilizará agua potable sin desinfectante adicional.

3.4 Agentes desinfectantes utilizados en la industria de VMP

El sector de IV Gama ha utilizado el cloro como uno de los desinfectantes más eficaces para garantizar la seguridad del producto. Sin embargo, existe una tendencia en la eliminación del cloro en el proceso de desinfección debido a las preocupaciones sobre los riesgos ambientales y de salud asociados con la formación de subproductos halogenados carcinógenos (59). Estas nuevas técnicas de desinfección no presentan las mismas desventajas que el uso del cloro, pero tienen dificultades para resultar efectivos en el lavado y desinfección de frutas y hortalizas MP, por lo que el cloro continúa siendo la alternativa más eficaz. Por ello debe enfatizarse la importancia de establecer condiciones óptimas de control y dosificación a fin de maximizar la eficacia y reducir los efectos adversos de este compuesto, como el riesgo medioambiental asociado al vertido de agua y posibles efectos negativos para la salud debidos a la formación de compuestos cancerígenos originados por la reacción del cloro con la materia orgánica presente en el agua (53).

La mayoría de las investigaciones actuales se han centrado en la búsqueda de alternativas desinfectantes basadas en asegurar la calidad y seguridad del producto.

La evaluación de la eficacia de diferentes tecnologías de desinfección está afectada por varios factores tales como las propiedades fisicoquímicas del agua de lavado y el tipo de producto. Además, los métodos utilizados para aplicar los tratamientos de descontaminación y las condiciones del procedimiento (por ejemplo, duración, secuencia de lavado) también afectan la

recuperación de la microbiota nativa y microorganismos patógenos, por lo tanto, es difícil comparar desinfectantes debido a las diferencias en el procedimiento de la inoculación, los tiempos de secado antes del lavado y el método de detección, con especial énfasis en el límite de detección (59). Por tal motivo, no existe un método estandarizado de evaluación de los tratamientos de desinfección, lo que hace difícil comparar su eficacia entre los distintos métodos y productos.

Tabla 5. Factores que afectan la comparación de los tratamientos desinfectantes (60).

Factor	Factor
Calidad del agua	pH Temperatura Turbiedad Materia Orgánica
Desinfectante	Concentración Tiempo de contacto
Tratamiento de Desinfección	Método de Aplicación (inmersión, spray, frotado, condición estática durante la exposición) Relación agua/producto Simple o múltiples lote Enjuague después de la desinfección
Microorganismo que se desea atacar	Múltiples lavados Elección de la cepa microbiana Cepa única o múltiples cepas Estado fisiológico de las células bacterianas Microorganismo nativo o inoculado Tamaño de la población microbiana
Procedimiento de inoculación	Método de inoculación Tiempo de incubación
Método de detección	Detección y cuenta en el medio Confirmación de procedimientos
Producto	Tipo de vegetal Características de la superficie del producto (grietas, hendiduras, hidrofobicidad y textura) Hojas interiores o exteriores Relación peso y superficie del área
Intervalo de tiempo	Tiempo entre la contaminación y el lavado

La regulación de las sustancias que se utilizan para reducir la carga microbiana de frutas y verduras frescas es compleja, en cada país la situación reglamentaria de las soluciones desinfectantes es diferente.

Una lista de los desinfectantes del agua de lavado y soluciones desinfectantes permitidos para los vegetales de la IV gama ha sido aprobada por la FDA

como aditivos alimentarios y se informan en el Código de Regulaciones Federales 21 CFR . Secciones: 173.315 y 178.1010 (61,62).

En México La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris), perteneciente a la Secretaría de Salud, reconoce que no hay una norma oficial para regular los desinfectantes de verduras (63).

“No hay reglamento para desinfectantes de verduras, existe la NOM 181 que es para la desinfección del agua; se podría recomendar que se usen estos productos que son para agua, pero con una dosis tres veces mayor, sin embargo no hay garantía que desinfecten verduras” (63).

La Norma Oficial Mexicana 181 establece los requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germicidas para tratamiento de agua de tipo doméstico (64).

3.4.1 Los problemas con el uso de cloro y sus derivados

El mecanismo bactericida del cloro se basa en dos tipos de daño en las células. Por un lado, afecta la integridad de la membrana y ocluye su permeabilidad, y por otro, altera funciones celulares (daña enzimas y ácidos nucleicos). Por ello, la reacción de los microorganismos ante el cloro está determinada por la resistencia de sus membranas así como por la relativa afinidad química de este compuesto con las sustancias vitales del organismo. Para el primer caso, por ejemplo, las bacterias del grupo coliforme y las del género Salmonella son poco resistentes ya que efectúan su respiración en la superficie de la célula y su membrana por ello es muy permeable y poco resistente. En cambio, otros microorganismos cuando encuentran condiciones adversas se enquistan y resisten al cloro. Ello ocurre con las amebas cuyos quistes son 100 veces más difíciles de inactivar que Escherichia coli. Por su parte, los virus entéricos, como el Echovirus, Cocksakiavirus y Polivirus, también son muy resistentes debido a que poseen una capa de proteínas que los recubre (58).

El cloro es un agente químico tan activo que también se combina con muchas de las sustancias disueltas o suspendidas en agua, por ejemplo, con la materia orgánica, ácido sulfhídrico, manganeso, hierro, nitritos y amoniaco. En conjunto, estas sustancias se denominan compuestos reductores y su cantidad

varía en cada agua, dependiendo del tipo de fuente (superficial, subterránea o descargas), la naturaleza del compuesto que contenga el agua o la época del año. Por ello, al entrar en contacto el cloro con el agua, una cantidad es consumida por los compuestos reductores que lo convierten en cloruros cuando son inorgánicos, organoclorados si son orgánicos o cloraminas si contiene derivados del amonio, inhabilitándolo para la desinfección (58).

Los desinfectantes a base de cloro puede reaccionar con la materia orgánica en el agua y formar subproductos como trihalometanos (THMs), ácidos haloacéticos (HAA) , halocetonas y cloropicrina, los cuales pueden permanecer en los vegetales mínimamente procesados (65).

Factores que controlan la formación de los THMs (58):

- Cantidad de cloro: Cuando existe una gran demanda de cloro o el sistema es operado con elevados residuales hay mayor probabilidad de formar cloroformo y otros THMs.
- Temperatura. Cuanto más caliente es el agua, mayor es la posibilidad de formar THMs. Diversos experimentos realizados con el mismo pH y la misma dosis de cloro, demostraron que al variar la temperatura entre 3 y 40 °C, la concentración de cloroformo aumenta de 30 a 200 µg/l.
- pH. La formación de THM es mayor conforme aumenta el pH del agua, por su acción catalítica sobre el haloformo.
- Los sólidos suspendidos. Reduce tanto la velocidad de producción como la cantidad de THMs formados

Los trihalometanos son regulados por la EPA para protección ecológica y de la salud humana. La concentración límite en agua potable es de 100 µg/l. Los THMs incrementan la mortalidad por cáncer después de un consumo prolongado. En especial, se ha demostrado que el cloroformo es absorbido rápidamente por la mucosa intestinal, se distribuye en los tejidos y se acumula en el tejido adiposo donde tiene una larga vida media (58).

La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. ha establecido un nivel máximo de contaminación durante cinco HAA a 60 mg / L en el agua potable (65).

Debido a la creciente problemática acerca del uso de cloro y sus posibles riesgos en consumidores, el Grupo Productor de Ensaladas Frescas (*Fresh Prepared Salads Producer Group*) realizó un estudio para analizar la presencia de subproductos de desinfección en una variedad de ensaladas. Las conclusiones fueron que los productos objeto de los procesos típicos de cloración contenía menos cloro y subproductos clorados a las admitidas en un vaso de agua del grifo y por lo tanto, no existía una causa de preocupación en cuanto a la presencia de compuestos clorados en ensaladas. Para lograr cantidades de residuos de trihalometanos cercanas a los valores límites toxicológicos en vegetales tratadas con hipoclorito, habría que consumir muchos kilogramos lechuga por día (66).

El mayor problema que se presenta en la formación de subproductos son los precursores orgánicos. Una solución podría consistir en mejorar los procesos de tratamiento del agua para remover compuestos orgánicos antes de que los subproductos se formen. Los métodos recomendados para la remoción de materia orgánica por la NOM 127 SSA1 son oxidación-filtración o adsorción en carbón activado. De esta forma, se incrementa la eficacia del cloro libre y paralelamente se minimiza la toxicidad al limitar la formación de subproductos.

Hacen falta estudios sustentables acerca de la relación de calidad de agua/demanda de cloro versus la formación de trihalometanos (THMs) y otros compuestos organoclorados.

Finalmente, dentro de un análisis del manejo de riesgos a la salud, en países como el nuestro, con enfermedades diarreicas y parasitarias endémicas, el riesgo potencial derivado de los subproductos del cloro, es significativamente menor al que se expondría la población, al suspenderse la práctica del uso de este desinfectante.

3.4.2 Desinfección por métodos químicos

Los métodos químicos de limpieza y desinfección de superficies de los productos por lo general implican la aplicación de lavado mecánico en presencia de desinfectantes, seguido de un enjuague con agua potable. Una

amplia variedad de desinfectantes químicos han sido probados con diversos grados de eficacia (60).

La acción desinfectante se realiza en dos etapas; primero penetra la pared celular y luego reaccionan con las enzimas paralizando el metabolismo de glucosa provocando con ello la muerte del organismo (58).

Hipoclorito (HClO) (53,58)

Es el desinfectante más ampliamente utilizado. Existen productos específicos para uso alimentario:

a) Hipoclorito de sodio

Se presenta en estado líquido con un color amarillo verdoso. Se produce al disolver cloro gaseoso en hidróxido de sodio.

La reacción entre el hipoclorito de sodio y el agua es similar a la hidrólisis del cloro gaseoso, sin embargo, en ésta se produce un ión hidroxilo, el cual incrementa el pH del agua.

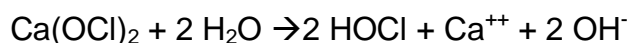


- Presentación: Hipoclorito de sodio en solución al 10-15% (lejía), solución muy alcalina (pH » 13).

b) Hipoclorito de Calcio

El hipoclorito de calcio es el precipitado que se forma al disolver cloro gaseoso en una solución de óxido de calcio (cal) e hidróxido de sodio.

La reacción del hipoclorito de calcio con el agua también produce ácido hipocloroso lo que incrementa el pH.



- Presentación: Hipoclorito de calcio sólido en pastillas o granulado (30-37 %).

Tanto el hipoclorito de sodio como el de calcio disminuyen el valor de pH, sobre todo el primero, por lo que es necesario acidificar, por ejemplo con ácido cítrico.

Dióxido de cloro (ClO₂)(53,58)

Se disuelve fácilmente y es un potente oxidante por lo que es efectivo a muy bajas concentraciones e incluso en presencia de materia orgánica. No modifica el pH ni forma derivados organoclorados, pero sí otros productos de degradación nocivos para la salud, por lo que se recomienda su uso en recintos bien ventilados.

Su rango óptimo de pH se encuentra entre 6 y 10 y no es corrosivo.

Debido a que es muy inestable y explosivo, es necesario generarlo en el momento de su uso y requiere precauciones en su manejo. Se comercializa también como solución estabilizada que puede ser activada en el momento de uso.

Existen equipos industriales que mediante una reacción electroquímica generan el dióxido de cloro a partir de clorito sódico y ácido clorhídrico.

Se recomienda su uso a concentraciones de entre 3 y 5 mg/l, siendo la primera la máxima recomendada por la FDA.

Cloro gas (Cl₂) (53,58)

Se trata de Cloro en su forma pura. Puesto que a presión atmosférica se encuentra en estado gaseoso, se comercializa licuado en tanques a presión.

Aunque es muy eficaz por disolverse muy bien en el agua, es difícil de dosificar y de manipular, pues se trata de un gas fuertemente corrosivo, por lo que su uso suele limitarse al tratamiento de grandes masas de agua (piscinas y depuradoras).

Aunque el cloro es más eficaz en solución a niveles de pH ácido, para minimizar la corrosión de los equipos de procesamiento, los desinfectantes a base de cloro se utilizan por lo general a valores de pH entre 6,0 y 7,5.

Ozono (53,58)

El ozono es un agente antimicrobiano oxidante fuerte con alta reactividad, penetrabilidad y la descomposición espontánea a un producto no tóxico. El

ozono mata a las bacterias por ruptura de la membrana celular. Tiene un gran poder de destrucción de virus y se recomienda incluso con aguas altamente contaminadas.

El uso de agua ozonizada se ha aplicado a las verduras recién cortadas para el saneamiento ya que reduce las poblaciones microbianas y se amplía la vida útil de algunos de estos productos.

Tiene un impacto positivo sobre el agua, la descomposición muchos pesticidas y trihalometanos y la reducción de la demanda de oxígeno. En contacto con la materia orgánica, el ozono genera aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos, causando una menor impacto en el ambiente.

Es muy corrosivo por lo que se requiere la adopción de precauciones especiales para preservar la salud y seguridad de los trabajadores y el mantenimiento de instalaciones y equipos.

Además de ser un buen desinfectante, el ozono es desodorante y decolorante. Es poco soluble en agua y muy volátil, se mantiene en solución durante algunos minutos después de su aplicación (sólo el 10 % de su producción). Sin embargo, su costo es elevado y las instalaciones requeridas son complejas. El consumo de energía eléctrica es de alrededor de 30 kW/h por kilo de ozono.

Peróxido de hidrogeno o agua oxigenada (H₂O₂) (34,53)

Es un agente oxidante fuerte con actividad desinfectante (en el rango de 3 a 90 % (v/v)) debido a su capacidad de generar especies oxidantes citotóxicas como radicales hidroxilo.

Se trata de un producto inocuo para la salud y el medio ambiente, ya que es muy inestable y no deja residuos.

No suele ser empleado por sí solo por su lenta actividad y baja eficiencia desinfectante. Su uso principal es como agente esterilizante para algunas superficies en contacto con alimentos y materiales de embalaje en las operaciones de llenado aséptico.

Ácido peroxiacético (PAA)(34)

Se comercializa como una mezcla de ácido acético y peróxido de hidrógeno (agentes precursores), en equilibrio inestable con el ácido peroxiacético, por lo que se incorpora un agente estabilizante.

Su acción desinfectante se debe a la producción de especies de oxígeno muy reactivas, siendo muy eficaz sobre las bacterias y algo menos sobre esporas de hongos y sobre protozoos.

Su rango óptimo de pH se encuentra entre 3 y 7,5, incluso a bajas temperaturas.

Es efectivo incluso a bajas concentraciones, recomendándose su uso en el rango de 40 a 200 ppm según el tipo de producto. Sin embargo, algunas autoridades sanitarias recomiendan como máximo concentraciones de 80 ppm cuya efectividad en algunos productos de IV Gama ha sido considerada insuficiente por algunos autores.

Su principal desventaja es su inestabilidad a altas concentraciones y su elevado precio en relación a otros productos.

Ácidos orgánicos (34,53)

Los ácidos orgánicos (por ejemplo, ácido láctico, ácido cítrico, ácido acético y ácido tartárico) se han descrito como fuertes agentes antimicrobianos contra microorganismos psicrófilos y mesófilos en la IV Gama de frutas y verduras.

Ácido láctico, cítrico o acético (vinagre) requieren de tiempos elevados de exposición (5 – 15 minutos).

Su uso eleva la carga en materia orgánica de los vertidos del lavado, dando lugar a olores desagradables

La acción antimicrobiana de los ácidos orgánicos se debe a la reducción del pH en el medio ambiente, la alteración de la membrana transporte y / o la permeabilidad, o la reducción en el pH celular interno por la disociación de hidrógeno iones del ácido

3.4.3 Desinfección por métodos físicos

Los métodos físicos son el ultrasonido, alta presión (HP) , pulsos de campo eléctrico de alta intensidad (AYUDA) , radiación ultravioleta (UV) , radiofrecuencia (RF) y la radiación ionizante .Todos estos métodos han demostrado ser capaces de eliminar o inhibir el crecimiento bacteriano .

Ultrasonido (67)

El Ultrasonido elimina microorganismos por cavitación intracelular. La cavitación es la formación y actividad de burbujas en un líquido. Las burbujas pueden ser formadas por gas o vapor de cualquier tipo de líquido bajo diversas condiciones. El efecto bactericida del ultrasonido es atribuido al efecto de cavitación intracelular generada, lo cual provoca choques micro-mecánicos por la continua formación y ruptura de burbujas microscópicas, inducidas por presiones que fluctúan en el proceso de ultrasonicación, estos choques interrumpen componentes estructurales y funciones celulares hasta el punto de lisis o muerte celular. Sin embargo, se ha visto que la susceptibilidad al ultrasonido puede variar entre diferentes microorganismos, por lo general las bacterias más largas o más grandes son más sensibles, posiblemente por la mayor superficie de contacto de las mismas, también se ha observado que las células gram positivas son menos susceptibles que los gram negativos debido a la estructura de la pared celular.

El daño microbiológico al aplicar diferentes amplitudes de onda del ultrasonido va a depender de factores críticos como el tiempo de contacto con el microorganismo, el tipo de microorganismo, la cantidad y composición de alimentos y la temperatura durante el tratamiento.

Otros efectos que se consideran importantes en la eliminación de microorganismos producidos por el ultrasonido se encuentran:

- Colapso de burbujas: Producen extremos incrementos de temperatura (5000 °C) y presión (500 MPa) en puntos localizados.

- Sonólisis: en la cual se forman radicales libres muy oxidantes.

Estudios acerca de la combinación de esta tecnología (170 kHz) junto con ClO_2 (20-40 mg / L) indican que se han logrado entre 2.5 y 4.3 reducciones logarítmicas en Salmonella y E. coli O157 : H7.

Luz Ultravioleta

El tratamiento con luz ultravioleta (UV) es una tecnología prometedora pero su eficacia antimicrobiana está influenciada por la composición del producto y el contenido de sólidos solubles en el agua. Su aplicación a una corriente de agua de recirculación mantiene el agua en una razonable calidad bacteriológica, pero no tiene ningún efecto sobre las superficies ya sea de la maquinaria de proceso o en el producto mismo (68). Puesto que su capacidad de penetración es prácticamente nula, sólo es efectiva en la superficie expuesta, requiriéndose su aplicación en un plano superior y otro inferior y en productos con formatos de poco espesor (34). Además, la eficacia de la radiación UV como un desinfectante en el agua de lavado se ve afectada de manera significativa por la turbidez debido a la capacidad limitada de penetración de la radiación UV, que requiere sistemas de filtración para eliminar los sólidos en suspensión y la absorción de compuestos (68).

La luz UV a dosis bajas y cortos tiempos de exposición (2 KJ/m²) ha demostrado ser efectiva en la reducción de la carga microbiana de algunas hortalizas, pero dosis excesivamente altas (7 KJ/m²) tienen efectos negativos sobre la calidad del producto (34).

Se estudió la eficiencia de desinfección relativa del ácido peracético (PAA) frente a Escherichia coli, Enterococcus faecalis, Salmonella enteritidis y el virus MS2 colifago. Este estudio también evaluó la eficacia de la irradiación combinada de PAA /UV para determinar si la inactivación microbiana fue sinérgica. Los resultados indican que el PAA puede representar una buena alternativa a los compuestos de cloro en procedimientos de desinfección, especialmente en las aguas residuales que contienen materia orgánica fácilmente oxidable. La desinfección PAA / UV combinada mostró una mayor eficacia de desinfección y beneficios sinérgicos con todas las bacterias entéricas probadas pero sinergias inferiores para la MS2 colifago. Esto sugiere

que este método podría mejorar la eficiencia y la fiabilidad de la desinfección en plantas de tratamiento de aguas residuales (69).

Pulsos de luz intensa

Los Pulsos de luz intensa (ILP) son una tecnología no térmica de procesamiento que consiste en la aplicación de pulsos luminosos de alta energía sobre alimentos o superficies alimentarias con objeto de disminuir su carga microbiana. Para ello, se produce la descarga controlada de pulsos eléctricos de alta intensidad (1-5 kV) y corta duración (100-400 μ s) en una o varias lámparas de gas Xenón instaladas en un reactor donde se sitúa el producto a tratar. La ionización de este gas provoca un flash o pulso lumínico de alta intensidad y ancho espectro de emisión, desde los 200 nm (UV) hasta los 1.000 nm (infrarrojo cercano) y de alta capacidad bactericida (70).

Debido a que alrededor del 40 % de la energía total emitida en cada pulso corresponde a la luz UV, muchas de las hipótesis acerca del efecto bactericida atribuyen la acción letal de la luz pulsada a un efecto fotoquímico, resultado de la absorción de la luz UV por los ácidos nucleicos. Esto provoca diversas alteraciones en los mismos, como la formación de dímeros de pirimidina o de tiamina, que inhiben la multiplicación celular (70).

Otras hipótesis asocian la inactivación al posible efecto fototérmico de los pulsos de luz, provocando en los mismos microorganismos aumentos puntuales y muy rápidos de temperatura, lo que puede provocar la ruptura y muerte de las células microbianas (70).

Finalmente, además del efecto fotoquímico y fototérmico, no es descartable que los ILP provoquen otro tipo de alteraciones en determinadas estructuras celulares que conlleven la muerte microbiana o una sensibilización de los microorganismos (70).

Se realizó un estudio para determinar la eficiencia desinfectante y el efecto en el contenido nutricional en alimentos tratados con ILP. Se analizaron muestras de productos cárnicos, vegetales frescos y VMP. Los resultados mostraron que las proteínas y grasas disminuyeron con el tratamiento ILP, mientras que los hidratos de carbono y agua mostraron resultados variables

dependiendo del alimento. Por esta razón los alimentos con altos contenidos en proteínas tienen poco potencial para ser tratados de manera eficiente por ILP. Por otra parte, los vegetales no contienen altas concentraciones de ambos nutrimentos y por lo tanto podrían ser tratados por ILP. Para los VMP, se consiguieron reducciones logarítmicas de hasta 2,04 en el recuento de mesófilos aerobios (71).

Procesamiento de alta presión

Al someter los alimentos a altas presiones en el rango de 3,000-8,000 bares, los microorganismos y enzimas pueden inactivarse sin la degradación de sabor y nutrientes. Esta tecnología fue comercializada por primera vez en Japón en la década de 1990 para la pasteurización de alimentos ácidos almacenados en refrigeración (53).

El desarrollo comercial fuera de Japón ha sido lento hasta ahora, principalmente debido a la alta inversión y los costos de procesamiento de alta presión (HP), así como problemas de regulación en regiones como Europa (72).

Su acción bactericida consiste en la ruptura de enlaces no covalentes y la perforación o permeabilización de la membrana celular de los microorganismos. Las células vegetativas son inactivadas a unos 3.000 bares a temperatura ambiente, mientras que la inactivación de esporas requiere presiones más altas (6000 bares o más) en combinación con un aumento de la temperatura a 60-70 °C (72).

Hay algunos problemas asociados con su uso en hortalizas, ya que afecta a la integridad de los productos porosos. El aire confinado en la matriz del alimento se somete a compresión y la expansión durante la presurización y descompresión, alterando los tejidos de los alimentos y por lo tanto, es poco recomendable para las hortalizas frescas, en VMP su uso principal es en el escaldado de frutas y vegetales (53).

Radiación

La radiación ionizante ha demostrado que puede reducir en gran medida el potencial de riesgos microbiológicos, sin dañar la textura y el color del producto, además, no da lugar a la pérdida de nutrientes. Dado que los efectos antimicrobianos surgen de cambios en moléculas y tejidos producidos por la radiación de alta energía, una de las preocupaciones de los alimentos irradiados es acerca de la formación de los “productos radiolíticos”, es decir, compuestos formados por reacciones con los radicales libres creados por la radiación. Por ejemplo, el formaldehído puede formarse por irradiación de hidratos de carbono. Por lo tanto, el consumo a largo plazo de los productos irradiados sigue siendo una causa de preocupación para el consumidor en general (60).

Una preocupación más concreta surgió con el descubrimiento de la formación de furano (a niveles inferiores de partes por mil millones) en alimentos irradiados ricos en hidratos de carbono. Sin embargo, se encontraron que durante el cocinado también se produce furano en muchos alimentos, en general, en niveles más altos que los que se encuentran en los alimentos irradiados. Sin embargo, algunos autores consideran que tales incrementos junto con el contenido químico tóxico natural de los alimentos pueden tener un importante efecto secundario sobre la salud, dado que las reacciones pueden tener lugar entre los radicales libres formados por la irradiación y cualquier otra molécula en los alimentos (al azar), no es posible predecir todos los productos de reacción que puedan formarse (73).

La irradiación aplicada en VMP en la última etapa del proceso (una vez empacado) es una alternativa para reducir el riesgo microbiológico por contaminación cruzada. No obstante, la irradiación del material de envase en contacto directo con los alimentos, plantea preocupaciones acerca de la posible migración de los componentes del empaque hacia los alimentos, o la inducción de reacciones químicas entre los envases y los alimentos. Existen datos sobre los efectos de la irradiación en algunos materiales de envasado de alimentos, motivo por el cual, la FDA tiene aprobado una lista de materiales de embalaje seguros para irradiar, sin embargo, se necesita más información acerca del

posible re-crecimiento de microorganismos patógenos, las condiciones de almacenamiento y vida de anaquel del material irradiado (74).

En agosto de 2008, EE.UU. *Food & Drug Administration* aprobó el uso de la irradiación como desinfectante en la lechuga iceberg y la espinaca (75).

Agua Electrolizada oxidante

El uso de agua electrolizada oxidante (EOW) es una técnica alternativa de desinfección con un fuerte efecto bactericida para el saneamiento del agua para lavado en el procesamiento mínimo de vegetales (60). Esta tecnología se basa en el principio de electrolisis sobre una solución salina y cloruro de sodio, en el que un flujo de corriente eléctrica pasa por dos electrodos de titanio que se encuentran en compartimientos separados por una membrana, que regula el paso de los iones. Al someter los electrodos a una corriente voltaica directa los iones cargados negativamente, como el cloruro (Cl⁻) y el ión hidroxilo (OH⁻) presentes en la disolución de NaCl, se dirigen hacia el ánodo cediendo electrones y formando oxígeno, cloro gaseoso, iones hipoclorito, ácido hipocloroso y ácido clorhídrico, mientras que los iones cargados positivamente, como el hidrógeno y sodio, se dirigen hacia el cátodo para tomar electrones, generándose hidrógeno gas e hidróxido sódico (76).

Existen dos hipótesis acerca del funcionamiento antimicrobiano del agua electrolizada oxidante. La primera atribuye el efecto conservante a un elevado potencial redox que modifica los flujos metabólicos y la producción de ATP, sin embargo, otros autores atribuyen la capacidad antimicrobiana al efecto desinfectante del ácido hipocloroso (77).

Esta tecnología difiere de otras de desinfección física en que además de la desinfección directa, también se genera una capacidad de desinfección residual (77).

Pruebas Microbiológicas.

Con el fin de controlar la seguridad del producto final, se recomienda medir la calidad microbiana del agua para detectar potencial patógenos, no sólo la

presencia de células bacterianas viables , sino también la células no viables en el tanque de lavado. De ésta manera si se detecta la presencia significativa de microorganismos patógenos se puede llevar a cabo el retiro del producto antes de que este sea consumido. Los métodos de cultivo tradicionales para la detección de patógenos en los alimentos se encuentran limitados en tiempo, su baja sensibilidad y especificidad. Como alternativa se han desarrollado técnicas como la amplificación de ácido nucleico, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y PCR en tiempo real (RTI -PCR) se aplican cada vez más para la detección de patógenos (34).

Los procedimientos en los últimos años para recuperar parásitos de las frutas y hortalizas demuestran un aumento en la sensibilidad y especificidad, como el desarrollo de un método estándar para el lavado mediante la sonicación y observación de quistes de Giardia y Cryptosporidium mediante inmunofluorescencia (IFA) y el uso de anticuerpos monoclonales, lo que mejora la separación del parásito del vegetal y tiene el potencial de aumentar la eficacia de la recuperación, incluso en muestras de vegetales procesados en estudios de brotes (78).

DISCUSIÓN

Como alternativa ante el reconocimiento de la importancia del consumo habitual de frutas y hortalizas, surge el uso de los productos de la IV Gama, la cual requiere para su procesamiento operaciones tales como limpieza, corte, lavado, secado y empacado. Dichas transformaciones traen como consecuencia un rápido deterioro de los vegetales, ocasionando el aumento de la tasa de respiración, la transpiración, la actividad enzimática y la proliferación microbiana. Esta situación hace que las investigaciones se centren en la aplicación de métodos de conservación como lo son los tratamientos con antioxidantes, aplicación de agentes desinfectantes, envasado en atmósfera modificada, recubrimientos comestibles y almacenamiento bajo refrigeración, entre otros. Aunque ya se revisó que estas nuevas tecnologías pueden ayudar a disminuir la incidencia en los productos de la IV gama, se sabe que muchos de éstos métodos deben aplicarse de manera conjunta logrando un sinergismo que permita reducir en mayor medida los incidentes por ETAs. No obstante, ningún método o tecnología puede llegar a ser 100% eficaz si no se controlan otras medidas dentro de la cadena de abasto como son las Buenas Prácticas de Manufactura (dentro del proceso) y las Buenas Prácticas Agrícolas (en la producción primaria).

Dado que se trata de productos relativamente innovadores altamente perecederos, los fabricantes requieren realizar estudios que permitan determinar la estabilidad del producto durante su comercialización e identificar los factores que inciden en el deterioro y desde el punto de inocuidad se deben realizar estudios exhaustivos de la posible resistencia y re-crecimiento de algunas bacterias patógenas transmisibles por alimentos. Se debe considerar que a pesar del desarrollo tecnológico aplicado a estos productos existe el riesgo de un aumento del peligro microbiológico, asociado con patógenos emergentes durante el tiempo de almacenamiento. Dichos riesgos se asocian con microorganismos como *Listeria*, coliformes fecales, enterobacterias y parásitos, los cuales se consideran indicadores de una deficiencia de higiene en algún eslabón dentro de la cadena de abasto.

La industria de los productos de la IV gama tiene como reto lograr una revisión estricta de cada una de sus etapas, ya que se caracteriza por ser una de las industrias con mayor número de procesos, que van desde el cultivo hasta el empaque, tomando en cuenta que todas las etapas dentro del proceso son susceptibles a contaminación, misma que en el caso de presentarse, sólo puede ser controlada por métodos de desinfección. En este sentido, se considera fundamental el uso de estrategias como el monitoreo, la verificación, la vigilancia y la trazabilidad.

Se considera que el uso de campañas de capacitación-concientización puede reducir algunos de los problemas asociados a la inocuidad pero antes, se debe tener conocimiento de los riesgos de contaminación física, química y microbiológica en cada una de las etapas de producción. “Es preferible prevenir la contaminación de frutas y hortalizas, que encontrar un método efectivo de control por parte de los agricultores y empacadores para lo cual deben utilizarse buenas prácticas agrícolas en las áreas donde se pueda ejercer un control, siempre que estas no favorezcan otros riesgos” (27).

La trascendencia de utilizar como materia prima productos con la menor carga microbiana posible radica en poder administrar menores dosis de desinfectante, de modo que la multiplicación microbiológica a lo largo de la producción y vida útil del producto no sobrepase los límites admisibles para su consumo al mismo tiempo que se reduce la posible ingesta de residuos o trazas de desinfectante.

Hasta el momento se ha analizado el proceso de producción de los productos de la IV gama, así como las tecnologías asociadas a estos, pero ¿Qué estrategias se han tomado para lograr la inocuidad en estos productos? ¿Por qué a pesar de tantas medidas preventivas siguen apareciendo brotes de ETAs? ¿Cuál es nuestra postura, qué papel desempeñamos, ante qué nos afrontamos como profesionistas en los alimentos?

El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) firmaron en junio del 2014 un documento titulado: “Declaración de intención para la

cooperación en la alianza para la inocuidad de productos agrícolas frescos y mínimamente procesados”. Dicho documento pretende impulsar acciones de colaboración entre las instancias gubernamentales correspondientes de México y EU para mejorar la inocuidad de los productos agrícolas frescos y mínimamente procesados con el objetivo de lograr confianza mutua en sus respectivos sistemas de inocuidad, reduciendo el riesgo de enfermedades o muertes asociadas al consumo de estos productos y por lo tanto, protegiendo la salud de los consumidores. La alianza se enfoca en prácticas preventivas y medidas de verificación para el cultivo, cosecha, empaque, manufactura, procesamiento, almacenamiento y transporte de frutas y vegetales, que apoyen altas tasas de cumplimiento de los estándares, lineamientos y mejores prácticas para la inocuidad, como lo establecen las regulaciones de salud e inocuidad de México y Estados Unidos (79).

Por su parte, la FDA ha desarrollado un documento, “*Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-cut Produce*”, en el que se establecen los riesgos potenciales y se proponen métodos de intervención para reducir los riesgos microbiológicos en productos frescos cortados.

En la actualidad otras entidades como la PMA (*Produce Marketing Association*), la IFPA (*International Fresh-cut Produce Association*), la UFFVA (*United Fresh Fruit and Vegetable Association*) y la WGA (*Western Growers Association*) han publicado guías para minimizar los peligros microbiológicos asociados a los vegetales mínimamente procesados. Estas guías intentan suplementar, no reemplazar, componentes de programas de seguridad alimentaria ya establecidos, como son las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas prácticas de manufactura (BPM) y HACCP(6).

En nuestro país, la Ley Federal de Sanidad Vegetal recientemente modificada y publicada en el diario oficial de la federación desde el 26 de Julio del año 2007, marca una obligatoriedad a los productores agrícolas mexicanos a la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas (56).

Oros organismos como El Comité Mexicano para la Atención del Codex Alimentarius (CMCAC) tiene como objetivo primordial establecer las posturas

de México, con base en la protección de los consumidores y las practicas equitativas de comercio en los diferentes Comités y Grupos de Trabajo del Codex Alimentarius. El CMCAC cuenta con el respaldo de diferentes dependencias gubernamentales como COFEPRIS, PROFECO, SAGARPA, así como, asociaciones, empresas e instituciones de educación superior (80).

México cuenta con sellos de calidad como México-GAP (*Good Agricultural Practice*) el cual fue diseñado y desarrollado técnicamente en coordinación con SAGARPA a través de SENASICA, y tiene como objetivo ofrecer una herramienta de aplicación en materia de Buenas Prácticas de Producción, con base en nuestra legislación, reconocida en los diversos mercados internacionales para facilitar la comercialización de frutas y hortalizas mexicanas (81).

Durante la investigación bibliográfica se encontraron guías y lineamientos con respecto a BPA y BPM, diferentes estudios de investigación que hacen uso de nuevas tecnologías para la conservación de la calidad del producto y alternativas de desinfección que comprometan menos la salud del consumidor y el impacto ambiental, estrategias de cooperación entre diferentes sectores de la agroindustria. No obstante, la falta de regulación de este tipo de productos es clara en México:

- No existe una Norma Oficial Mexicana que aplique directamente sobre los productos de la IV gama.
- No existen o no están disponibles las especificaciones químicas, físicas y microbiológicas para producto terminado.
- No existe la regulación para agentes desinfectantes de uso en vegetales.
- No existe una Norma Oficial Mexicana que aplique sobre los métodos de verificación asociados a la inocuidad de los productos de la IV gama.

La tecnología avanza más rápido que su propia regulación, la información parece ser fragmentada y poco específica, lo que indica que los esfuerzos entre los diferentes sectores dentro de la cadena de abasto deberán unificar criterios y metodologías para lograr un mismo objetivo; Inocuidad en los productos de la IV gama.

El consumidor es una pieza clave para el buen funcionamiento de un sistema de inocuidad, haciendo ejercer su derecho a un producto que garantice no comprometer su salud, y en el caso de contraer una ETA hacer la queja correspondiente ante las autoridades, para que se lleve a cabo una auditoria que permita detectar los posibles incumplimientos por parte de la agroindustria.

La falta de inocuidad asociadas a los productos de la IV gama, seguirá siendo un tema, mientras los integrantes de la cadena de abasto no se apeguen a los lineamientos de BPA y BPM, con especial énfasis en las aguas de riego y prácticas de higiene del trabajador.

CONCLUSIONES

La estabilidad de los productos procesados afrontan dos problemas básicos; el primero, relacionado con el vegetal como tejido vivo donde la interacción de muchas reacciones que de no ser controladas pueden conducir a la rápida senescencia o deterioro de la calidad. Segundo, la posibilidad de desarrollo microbiano, debido a la mayor superficie expuesta y a la presencia de jugos celulares por efecto del corte del material vegetal.

Las ETA constituyen un importante problema de salud pública por su magnitud y tendencia creciente, los posibles efectos secundarios o secuelas, la aparición de nuevos escenarios epidemiológicos, las formas de transmisión, el incremento de la resistencia antimicrobiana, la internalización de bacterias en vegetales, la persistencia de estructuras vegetativas y *biofilm*, y el impacto social y económico. La vigilancia de las ETA es esencial para caracterizar la dinámica epidemiológica y orientar la planificación de las políticas y estrategias de control y prevención, evaluar el impacto de las intervenciones de los programas de inocuidad de alimentos e identificar áreas prioritarias de investigación, particularmente a nivel local. Debido a la multiplicidad de factores involucrados en la ocurrencia de las ETA y la necesidad de una respuesta intersectorial y comunitaria, es necesario consolidar estrategias de vigilancia en salud pública, fomentar sistemas de capacitación en toda la cadena de

abasto, fortaleciendo la coordinación entre salud y agricultura y otras instituciones públicas y privadas.

Es necesario adoptar estrategias que aseguren la calidad e inocuidad de los alimentos desde su producción hasta su consumo “del campo a la mesa”. La prevención y control de BPEA durante la cosecha y post cosecha en los productos vegetales, la adopción por la industria alimentaria de sistemas de prevención y control de la calidad, llevar a cabo estudios sistemáticos de los cambios microbiológicos durante el almacenamiento, ofrecer información de fácil entendimiento para el consumidor, el manejo higiénico de los alimentos en los hogares y lugares de restauración colectiva, un mayor control de los alimentos destinados a los sectores poblacionales más sensibles y la aplicación de las tecnologías más eficaces de inactivación microbiana deberían ayudar, sin duda, a reducir la incidencia de ETAs por BPEA.

Es necesaria la implementación de programas de Aseguramiento de Calidad e Inocuidad, estos programas deben incluir actividades ligadas a la producción de alimentos inocuos como: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES), Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) y Sistemas de Trazabilidad y Retiro.

Los VMP son productos de riesgo intermedio debido a que el consumidor supone que son productos “listos para comer”, por ello, es fundamental garantizar procesos en los cuales se controlen y minimicen todos aquellos factores que afecten o propicien cambios negativos sobre la estructura, propiedades sensoriales, nutricionales y microbiológicas de estos productos.

Los profesionistas en alimentos nos enfrentamos ante un universo de información fragmentada que debe ser evaluada y aplicada dentro de la industria:

Se deben crear áreas de Investigación y Desarrollo con un enfoque en inocuidad dentro de la industria. Tales áreas deben ir encaminadas hacia la estabilidad microbiológica del producto, realizar estudios de vida de anaquel en condiciones reales de almacenamiento, distribución y comercialización.

Crear conciencia que a través de nuestra formación científica en alimentos somos responsables de la salud de los consumidores. La inocuidad debe ser comprendida como un sistema completo y colectivo que ayuda a incrementar la vida de anaquel del producto, reduce las devoluciones y hace al producto más saludable.

Capacitarse en estrategias como Plan HACCP de manera que a través del conocimiento de los peligros reales dentro de los procesos se logren implementar medidas de control y aplicar medidas correctivas para reducir los riesgos asociados a estos productos.

Enfatizar en la investigación en áreas de microbiología en vegetales, con un enfoque en las formas de resistencia y la sobrevivencia de algunos de microorganismos patógenos ante los métodos de desinfección actuales.

Establecer procedimientos para la eliminación de parásitos y quistes dada su presencia, resistencia y su epidemiología en los alimentos vegetales.

Participar en la creación de leyes que regulen las alternativas de desinfección eficaces que no propicien la resistencia de los microorganismos, métodos de detección y cuantificación que permitan evaluar los sistemas, materias primas y producto terminado en cualquier parte de la cadena de abasto de forma eficiente.

Crear especificaciones para materia prima y empaque que permitan evaluar las características fisicoquímicas, sensoriales, toxicológicas y microbiológicas de los productos de la IV gama Dichas especificaciones deben considerar los límites máximos permisibles de los factores de deterioro de estos productos, tales como: humedad, producción de etileno, disponibilidad de oxígeno, pH, residuos de desinfectantes, trazas de plaguicidas y microbiológicos (*Listeria monocytogenes*, Coliformes fecales, Enterobacterias y Parásitos).

GLOSARIO

Acreditación: Acto por el cual una entidad de acreditación reconoce la competencia técnica y confiabilidad de los organismos de certificación, de los laboratorios de prueba y de las unidades de verificación, para la evaluación de la conformidad.

Actividad acuosa (aw): Expresión de la humedad adecuada para el crecimiento de microorganismos, es la relación de la presión del vapor de agua del producto y la presión del vapor de agua pura bajo condiciones idénticas de presión y temperatura.

Agentes antimicrobianos: toda sustancia de origen natural, sintético o semi sintético que en concentraciones bajas mata los microorganismos o inhibe su desarrollo provocando un daño reducido o nulo al organismo huésped.

Agentes antioxidantes: Sustancias que prolongan la vida de almacén de los productos, protegiéndolos del deterioro ocasionado por la oxidación.

Agua de procesamiento: Agua que se usa en el tratamiento de las frutas y hortalizas frescas después de la cosecha, por ejemplo en las operaciones de lavado, enfriado, encerado y transporte.

Agua de riego: La que se aplica artificialmente en las operaciones de riego. No incluye las aguas de lluvia.

Agua potable: Agua apta para consumo humano que cumple con las especificaciones de la NOM-127-SSA1-1994.

Agua reciclada: Agua proveniente de procesos de lavado y enfriado; que después de reacondicionarse mediante tratamientos químicos o físicos (filtración) para eliminar los contaminantes biológicos y químicos, es utilizada en los procesos de selección de frutas y hortalizas frescas.

Alimento listo para el consumo: Alimento destinado por el productor o fabricante al consumo humano directo sin necesidad de cocinado u otro tipo de transformación eficaz para eliminar o reducir a un nivel aceptable los microorganismos peligrosos, según definición del Reglamento CE 2073/05

Análisis de peligros: Proceso de recopilación y evaluación de información sobre los peligros y las condiciones que los originan para decidir cuáles son importantes con la inocuidad y, por tanto, planteados en el plan del sistema de APPCC (2.15) [CAC/RCP 1-1969, Rev 4 (2003)].

Área de manipulado: Incluye zona de recepción, almacén de materias primas, selección, lavado, aclarado, secado, envasado, paletización, almacén de producto terminado y zona de expedición.

Buenas Prácticas Agrícolas (BPA): Métodos de cultivo, cosecha, selección, almacenamiento y transporte de productos agrícolas para asegurar su buena condición fitosanitaria y reducir los riesgos de contaminación biológica, química y física.

Buenas Prácticas de Manejo (BPM): prácticas generales para reducir el riesgo microbiológico en los alimentos. El término puede incluir tanto las "buenas prácticas agrícolas (GAPs)" que se emplean en el cultivo, recolección, selección, empaque y almacenamiento, como las "buenas prácticas de manufactura (GMPs)" en el contexto de los procesos de selección, empaque, almacenamiento y transporte.

El criterio microbiológico para un alimento: la aceptabilidad de un producto o un lote de alimento basada en la ausencia o presencia, o en la cantidad de microorganismos, incluidos parásitos, y/o en la cantidad de sus toxinas / metabolitos por unidad o unidades de masa, volumen, superficie o lote.

Certificación: Procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas o lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización nacional o internacional.

Certificado de BPA: Documento expedido por la Secretaría o por un organismo de certificación, para hacer constar que un proceso de producción de frutas y hortalizas cumple con las especificaciones de las normas.

Cloro Activo o Libre: Suma del cloro elemental y de todas las combinaciones oxidantes en un momento determinado. Es decir, se trata del cloro activo libre

(cloro, ácido hipocloroso, ión hipoclorito y óxido de cloro) y del cloro activo combinado (cloro de acción oxidante combinado con amoniaco o aminas).

Cloro combinado residual: Cloro que permanece después de la reacción asociado con derivados de amoniaco y de materia orgánica.

Cloro libre residual: Cloro que permanece después de la reacción sin formar cloro combinado. Es la suma del HOCl y del OCl⁻. No se presenta en la cloración del agua residual.

Cloro libre total: Suma del cloro residual el combinado y libre

Compuestos cromogénicos: Precursores de pigmentos incoloros endógenos o exógenos que pueden transformarse por mecanismos biológicos en compuestos coloreados.

Contaminación cruzada: Contaminación alimentaria por contacto directo o indirecto con las fuentes o vectores de posible contaminación dentro del proceso productivo.

Contaminación: La introducción o presencia de un contaminante en los alimentos o en el medio ambiente alimentario.

Contaminante: Cualquier agente biológico, químico, materia extraña u otras sustancias en los alimentos que representen un riesgo para la salud del consumidor.

Control: Significa (a) controlar las condiciones en que tiene lugar una operación, para atenerse a pautas establecidas, y (b) seguir los procedimientos correctos y las normas establecidas.

Criterio microbiológico: Criterio que define la aceptabilidad de un producto, un lote de productos alimenticios o un proceso, basándose en la ausencia, presencia ó número de microorganismos, y/o en la cantidad de sus toxinas/metabolitos, por unidad de masa, volumen, superficie o lote.

Desinfectante: Sustancias germicidas utilizadas para eliminar o reducir drásticamente los contaminantes biológicos asociados a equipos, herramientas o productos agrícolas (frutas y hortalizas).

Desinfectar (las superficies de contacto con los alimentos): significa tratar debidamente las superficies que entren en contacto con los alimentos, mediante un proceso que logra destruir o reducir considerablemente la cantidad de microorganismos que constituyen un peligro para la salud, y otros microorganismos que se desea eliminar, sin alterar la calidad del producto o su inocuidad para el consumidor.

Desinfectar: Reducir el número de microorganismos presentes en las frutas y hortalizas así como en los utensilios que entran en contacto con las mismas, por medio de agentes químicos o métodos físicos, a un nivel que minimice los riesgos a la salud del consumidor.

Envase: todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto con el mismo, conservando su integridad física, química y sanitaria. Inocuo, lo que no hace o causa daño a la salud. Recipiente, la envoltura o el embalaje destinado a asegurar la conservación, facilitar el transporte y el manejo del producto.

Envasado activo: Se refiere a la incorporación de ciertos aditivos en la matriz del envase o dentro del envase para modificar la atmósfera dentro del envase y prolongar la vida de anaquel del producto.

Espacio libre o de cabeza: Aquel que se deja en un envase herméticamente cerrado para que su contenido pueda dilatarse durante el tratamiento térmico y que al enfriarse alcance el vacío adecuado, con excepción de los envases llenados asépticamente que pueden o no tener espacio libre.

Fecha de Caducidad: Es la fecha a partir de la cual el producto no debe ser consumido.

Fertilizantes Orgánicos: Productos de origen vegetal o animal que por efecto de la descomposición microbiana e incorporación al suelo, suministran elementos útiles para el crecimiento de las plantas.

Ingrediente funcional: los cuales poseen uno o más componentes nutricionales que benefician las funciones del organismo, en forma adicional a

sus propiedades tradicionales, que producen algún efecto relevante para mejorar el estado de salud.

Inocuidad de los alimentos: La garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso a que se destinan.

Instalación: Cualquier edificio o zona en que se manipulan alimentos, y sus inmediaciones, que se encuentran bajo el control de una misma dirección.

Lavado: Es aquella parte del proceso de transformación de las materias primas que consiste en la eliminación, mediante la utilización del agua, de la suciedad, restos de tierra, contaminantes físicos y reducción de carga microbiana, de forma que el producto resultante sea totalmente seguro desde el punto de vista higiénico.

Limpieza: remoción de suciedad, residuos de alimentos, polvo, grasa u otro material indeseable

Materia prima: Frutas, hortalizas, semilla germinada, hierbas aromáticas, y otros productos vegetales, resultantes del proceso de recolección, tal y como acceden al establecimiento de transformación.

Medida de control: Cualquier acción o actividad que pueda aplicarse para prevenir, reducir o eliminar un riesgo microbiológico.

Microbiota normal, flora normal o flora nativa: Conjunto de microorganismos que viven de forma habitual en un organismo sano.

Operador: persona o personas encargadas de las actividades diarias de producción, recolección, lavado, selección, enfriamiento, empaque, embarque o transporte de frutas y hortalizas frescas, y a los gerentes responsables de las actividades realizadas por dichos empleados.

Patógeno: Cualquier microorganismo, como protozoarios, hongos, bacterias, helmintos o virus, que al interactuar con el hombre causan enfermedad en este último.

Peligro: Agente biológico, químico o físico presente en un alimento, o condición de este último, potencialmente capaz de producir un efecto nocivo para la salud.

Plaga: Cualquier animal o insecto de importancia para la salud pública, incluidos entre otros los pájaros, roedores, cucarachas, moscas y larvas que puedan transmitir microorganismos patógenos y contaminar los alimentos.

Plaguicida: Insumo fitosanitario destinado a prevenir, repeler, combatir y destruir a los organismos biológicos nocivos a los a los vegetales, tales como: insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, molusquicidas, nematocidas y rodenticidas.

Plan APPCC/ HACCP: Documento preparado de conformidad con los principios del sistema de APPCC, de tal forma que su cumplimiento asegura el control de los peligros que resultan significativos para la inocuidad de los alimentos en el segmento de la cadena alimentaria considerado [CAC/RCP 1-1969, Rev 4 (2003)]

Pre enfriado: Proceso mediante el cual se reduce rápidamente la temperatura «de campo» del producto recién cosechado y previo a su procesamiento industrial, almacenamiento o transporte refrigerado. Es un proceso absolutamente necesario para mantener la calidad de frutas, hortalizas y otros productos vegetales y forma parte de la «cadena de frío» para maximizar la vida postcosecha del producto.

Preparación: Es aquella parte del proceso de transformación de las materias primas que consiste en la eliminación por métodos manuales o mecánicos de todas las partes desechables, dañadas o no comestibles en general.

Producción primaria: Fases que integran el cultivo y la recolección de frutas y hortalizas frescas, como por ejemplo plantación, riego, aplicación de fertilizantes o productos agroquímicos, etc.

Producto terminado: Es el resultante de las operaciones de manipulación, transformación y envasado, tal y como será transportado y comercializado.

Productos mínimamente procesados: Productos vegetales, frutas y hortalizas frescos sin tratamiento térmico, preparados (2.4.1), lavados (2.4.2) y envasados, que han podido ser objeto de troceado, corte o cualquier otra operación relativa a la integridad del producto (cualquier procedimiento físico que entrañe una modificación de las características fisiológicas y microbiológicas del producto), listos para consumir o cocinar, destinados al consumo humano.

Requisito: Todo aspecto expresado en términos de obligatoriedad o prohibición.

Riesgo microbiológico: la presencia de un microorganismo que puede causar enfermedad o daño.

Riesgo: Expresión cuantitativa de la probabilidad de ocurrencia de daño.

Sanidad: Calidad de las materias primas, productos alimenticios y/o materiales de propagación, de estar libres de elementos nocivos para sí, en el nivel más alto posible.

Sistema de análisis de peligros y puntos de control críticos (APPCC): Sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros significativos para la inocuidad de los alimentos.

Superficies de contacto con los alimentos: Las que entran en contacto directo con las frutas y hortalizas frescas, o los lugares de donde pueda escurrir algo, ya sea al producto o a las superficies que entren en contacto con el mismo en el curso normal de las operaciones. Entre "dichas superficies de contacto" se encuentra el equipo, como los envases y mallas transportadoras utilizadas en la recolección y después de la cosecha, así como en las actividades de empaque, pero no incluye tractores, montacargas, vagonetas de mano, plataformas, etc. que se usan para mover o almacenar grandes cantidades de frutas y hortalizas frescas en forma envasada o empacada, porque sus superficies no entran en contacto con los alimentos.

Textura: Es la propiedad de los alimentos apreciada por los sentidos del tacto, la vista y el oído; se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación.

Tiempo de reducción decimal: Tiempo (en minutos) necesario para reducir 10 veces el número de microorganismos de una población dada.

Toxicidad: Calidad y magnitud del peligro que representa un químico. Capacidad que tiene una sustancia para causar daño a un organismo vivo.

Tóxico: Adjetivo para designar y calificar a todos aquellos elementos o sustancias que resulten nocivos y dañinos para algún tipo de organismo, por lo general se lo utiliza en referencia al ser humano aunque la mayoría de ellos suelen ser tan dañinos para él como para los animales, plantas y cualquier otro ser vivo

Trazabilidad de los alimentos: Posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimento o una sustancia destinada a ser incorporada en alimentos o piensos con probabilidad de serlo. Definida por el reglamento CE178/2002 del parlamento europeo.

Turbidez: Reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de materia sin disolver. La turbidez, también es nombrada turbiedad.

Turgencia: Presión hidrostática interna, la cual ejerce una fuerza de adentro hacia afuera de la pared celular.

Verificación: Aplicación de métodos, procedimientos, ensayos y otras evaluaciones, además de la vigilancia, para constatar un procedimiento.

Vida útil: Es el periodo de tiempo a partir del cual se considera que un producto determinado no está en condiciones adecuadas para su consumo.

Vigilancia: Llevar a cabo una secuencia planificada de observaciones mediciones de los parámetros para evaluar si un punto crítico de control está bajo control.

BIBLIOGRAFIA

1. World Health Organization. (2014). Food Safety and Foodborne Illness. [en línea]. Disponible en: http://www.who.int/foodsafety/foodborne_disease/general

Consultado: febrero 1, 2014.

2. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), Dirección General de Epidemiología (DGE), Promoción de Salud. (2012) Perfil Epidemiológico de las Enfermedades Infecciosas Intestinales México.[en línea] Disponible en: www.dgepi.salud.gob.mx

Consultado: febrero 1, 2014

3. McKenna, M. (2012). Food Poisoning`s Hidden Legacy. [en línea].Scientific American. Volume 306. Issue 4. Disponible en: <http://www.scientificamerican.com/article/food-poisonings-hidden-legacy>

Consultado: enero 30, 2014.

4. CDC, 2014. Centers for Disease Control and Prevention Investigation update: outbreak of Salmonella Typhimurium infections. [en línea].Disponible en: www.cdc.gov/salmonella/typhimurium

Consultado: febrero 4, 2014.

5. Allende, A., Tomás-Barberán, F., & Gil, M. (2006). Minimal processing for healthy and traditional foods. Trends in Food Science and Technology, 17: 513-519.

6. Rodríguez, J., Rodríguez M. (2007).Alimentos mínimamente procesados.[en línea] Seguridad Alimentaria. Disponible en:<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2007/06/27/28057.php>

Consultado: febrero 08,2014.

7. De Curtis M, Franceschi O, De Castro N.(2002). Listeria monocytogenes en vegetales mínimamente procesados. ALAN [en línea]. . Disponible en:

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000300009&lng=es.

Consultado: agosto 10, 2014.

8. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-251-SSA1-2009. Prácticas de higiene para el Proceso de Alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.

9. Jay, J.M. (2000). Taxonomy, Role, and Significance of Microorganisms in Foods. Modern Food Microbiology, 6a Edición. Aspen Publishers, Estados Unidos de América. Capítulo 1.

10. Instituto Panamericano de Protección de Alimentos (INPPAZ), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS). (2001). Guía de Sistemas de Vigilancia de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (VETA) y la Investigación de Brotes de Toxi infecciones Alimentarias. Disponible en: http://publicaciones.ops.org.ar/publicaciones/cursos_virtuales/VETA/bibliografia/Guia_veta.

Consultado: febrero 7, 2014.

11. Pariza, M. Fennema, O (1996). Toxic Substances. Food Chemistry, 3rd ed., Marcel Dekker. New York, Estados Unidos de América. Cap 13

12. Hernandez Cruz Pablo. (2010) Bacterias patógenas emergentes transmisibles por los alimentos. Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. Pags 147,152,154-157.

13. World Health Organization. WHO Initiative to Estimate the Global Burden of Foodborne Diseases. First formal meeting of the Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group. [en línea] Disponible en: http://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/burden_nov07/en/index.html

Consultado: Enero 31, 2014

14. Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, et al. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*. 451:990-3.

15. Pritzker Olzen. (2013). Lifelong Effects of Food Poisoning. [en línea]. *Food Poisoning Bulletin*. Disponible en: <http://foodpoisoningbulletin.com/2012/lifelong-effects-of-food-poisoning/>

Consultado: febrero 15, 2014.

16. Schaible, U. E. & Kaufmann, S. H. E. (2007) Malnutrition and infection: complex mechanisms and global impacts. *PLOS Medicine*. 4 (5): 0806-0812.

17. Carreres, J. E. (2010). Evaluación de las últimas novedades alimentarias en hortofruticultura derivadas de las nuevas tendencias de consumo así como del I+D: los productos alimenticios de la IV y V gama. [en línea]. *InfoAgro*. Disponible en: http://www.infoagro.com/hortalizas/productos_iv_v_gama.htm

Consultado: febrero 15, 2014

18. Unai Ibarzabal (2006). Iv gama: Hortalizas para los nuevos tiempos. *Agropesquera*. 75:42-46.

19. Agencia de Desarrollo Económico de la Rioja (ADER). (2012). Estudio de Benchmarking Tecnológico Internacional Sector Agroalimentario. [en línea].

Disponible en: http://www.ader.es/fileadmin/redactores/PUBLICACIONES/Estudios/Estudio_Benchmarking_sector_Agroalimentario.pdf

Consultado: Abril 02, 2014.

20. Edmundo Mercado Silva. (2006). El proceso mínimo de Frutas y Hortalizas en México. I Simposio Iberoamericano de vegetales frescos cortados. Sao Paulo, Brasil. [en línea] Disponible en: www.esalq.usp.br/departamentos/lpv/eventos/palestras/Edmundo.pdf

Consultado: febrero 16, 2014.

21. Alzamora, S.; Guerrero, S.N.; Nieto A. B.; y Vidales S.L. (2004). Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Ed.

Aguilera J. M. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. pp. 45-88

22. Robles, R. M., S. Gorinstein, H. Astiazarán, G. González. y R. Cruz. (2007). Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia*. 32(4): 227-232.

23. Gorny, J. R.(2001). Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry. 4th edition. International Fresh-cut Produce Association. Arlington: pp. 216.

24. García, A. D.(2008). Aplicación de la técnica IV Gama para la elaboración de ensaladas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 61(2): 4658 - 4666.

25. Artés, F., P. Gómez, E. Aguayo, V. (2007). Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco. *PHYTOMA* 189: 124-130.

26. Oms-Oliu, G.; Soliva-Fortuny, R.; and Martín-Belloso, O.(2008). Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*. 50 (1): 87–94.

27. Buenas Prácticas Agrícolas para Frutas y Hortalizas Frescas.(2002). Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera. México.

28. Rodríguez, C., Q. Guzmán, C. Casóliba y M. Coronel.(2006). Calidad microbiológica de vegetales mínimamente procesados. *Revista del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (UNSE)* 22: 99-10630.

29. Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas.(2008).Salmonella y tomates , preguntas y respuestas para los consumidores [en línea]. Universidad de la Florida. (UF/IUFAS). Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/ss486>

Consultado: febrero 22, 2014

30. FDA.(2009).Guidance for Industry: Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Leafy Greens; Draft Guidance Contains Nonbinding Recommendations.[en línea] Disponible en:

<http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/ProducePlantProducts/ucm174200.htm>

Consultado: febrero 21,2014.

31. Verran, J., y Whitehead, K. A. (2006) Assessment of organic materials and microbial components on hygienic surfaces, Food and Bioproducts Processing 84, 260-264.

32. International Fresh-cut Produce Association (IFPA), Produce Marketing Association (PMA), United Fresh Fruit and Vegetable Association (UFFVA) and Western Growers (WGA)(2006). Commodity Specific Food Safety Guidelines for the Lettuce and Leafy Greens Supply Chain. • 1st Edition UFFVA. E.E.U.U Pag 1-20.

33. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.(2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Del campo al mercado. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/Y4893S00.HTM>

Consultado: febrero, 2014.

34. Instituto de Investigación de Formación Agraria y Pesquera.(2010). Calidad y Seguridad Alimentaria en el procesado de Hortalizas. II. Lavado e higienización en hortalizas de la IV Gama. [en línea]. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/contenido>.

Consultado: febrero 29, 2014.

35. Cano, M. 2001. Preparación de Alimentos Vegetales Procesados en Fresco. Horticultura. 35: 52-57

36. Ramón Catalá, Pilar Hernández Muñoz, García López-Carballo, Rafael Cavara(2009). Materiales para el envasado de frutas y hortalizas con tratamientos mínimos. Horticultura Internacional. 69: 52-57.

37.Perez-Perez y López-Malo.(2011).Tecnologías aplicadas en el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos, 5(2):13-27.

38. FAO.(2014).Homeostasis. Disponible en:

http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ac303e/ac303e02.html#1

Consultado: febrero 28, 2014.

39. Escobar Hernández A, Márquez Cardozo, Perez Cordoba. (2014).Aplicación de Tecnología de Barreras para la Conservación de Mezclas de Vegetales Mínimamente Procesados. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 67(1): 7237-7245.

40. De la Hoz Perales,L., Cambero Rodríguez, I.(2006). Tecnologías de envasado y atmósfera protectora. Informe de vigilancia y tecnología. Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos, UCM. Capítulos 1,2,3.

41. Morillon, V., F. Debeaufort,, G. Blond, M. Capelle. and A. Voilley. (2002) Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films. Food Science and Nutrition 42: 67-89.

42. Vargas, M.,Pastor,C.,Chiralt, A., McClements, D.J.(2008).Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. Food Science. 48:496-511

43. Lin, D. y Zhao, Y. (2007). Innovations in the Development and Application of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. Food Science and Food Safety. 6:60-9

44. Denoya, G.; Ardanaz, M.; Sancho, A. M.; Benítez, C. E.; González, C.; y Guidi, S. (2012). Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas mínimamente procesadas. RIA. 38 (3): 263–267.

45. Martín, A. B., D. Rico, J. Frías, G. T. M. Henehan, J. Mulcahy, J. M. Barat. and C. Barry.(2006). Effect of calcium lactate and heat-shock on texture in fresh-cut lettuce during storage. Journal of Food Engineering. 77(4): 1069-1077.

46. Quintero, C. Juan.I; Falguera, Victor.II; Muñoz, H. Aldemar.I. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*. (5) 93-118
47. Serrano, M., Martínez Romero, D., Guillen, F., Valverde, J.M., Zapata, P.J. (2008). The addition of essential oils to MAP as a tool to maintain the overall quality fruits. *Trends in Food Science and Technology*. 19:464-471
48. Orsat, V., Y. Gariépy, G. S. V. Raghavan. and D, Lyew. (2001). Radio-frequency treatment for ready-to-eat fresh carrots. *Food Research International*. 34(1): 527–536
49. Loaiza, J. G., F. A. Tomás. and M. Saltveit. (1997). Effects of intensity and duration of heatshock treatments on wound-induced phenolic metabolism in iceberg lettuce. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 122(6): 873–877.
50. Li, Y., R. E. Brackett, R. L. Shewfelt. and L. R. Beuchat. (2001). Changes in appearance and natural microflora on iceberg lettuce treated in warm, chlorinated water and then stored at refrigeration temperature. *Food Microbiology*, 18(3): 299–308.
51. Aguayo, E., V. H. Escalona. and F. Artés. (2008). Effect of hot water and various calcium salts on quality of fresh. Cut Amarillo melon. *Postharvest Biology and Technology*. 47(3):397-406.
52. Aaron L. Brody, Hong Zhuang, Jung H. (2011). *Modified Atmosphere Packaging for Fresh-Cut Fruits and Vegetables*. SECCION Active Packaging for Fresh-Cut Fruits and Vegetables. Blackwell Publishing Ltd. PAG 267-279.
53. Rico a, A.B. Martín-Diana, J.M. Baratb and C. Barry-Ryana (2007) Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* 18: 373-386.
54. Codex Alimentarius. *Higiene de los Alimentos-Textos Básicos*. Código Internacional recomendado de Prácticas-Principios generales de higiene de los alimentos. FAO/OMS. Roma, Italia; 2003. CAC/RCP-1-(1969), Rev.3; 1997.

55. Codex Alimentarius. Código de Prácticas de Higiene para las frutas y Hortalizas frescas. CAC/RCP 53-2003

56. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria Agrícola y Pesquera.(2007). Sistema de Trazabilidad de productos Hortofrutícolas para consumo en fresco de los Estados Unidos Mexicanos.

57. GS1 México. Iniciativa de trazabilidad de productos. [en línea] Disponible en:<http://www.gs1mexico.org/news/iniciativa-de-trazabilidad-de-productos-pti/>

Consultado: septiembre, 01,2014.

58. Comisión Nacional del Agua.(2007). Manual del agua potable, alcantarillado y saneamiento. Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento. México. Capítulo 2 y 3

59. Ölmez, H., Kretzschmar, U., (2009). Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact.LWT- Food Science and Technology 42, 686–693.

60. Gil, M.I., et al., (2009), Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions.International Journal of Food Microbiology. ,[en línea] Diponible en :10.1016/j.ijfoodmicro.2009.05.021

Consultado: marzo5,2014.

61. FDA 2003a. Food and Drug Administration Code of Federal Regulations 21 CFR Part 173,Section 173.315: Chemicals Used in Washing to Assist in the Peeling of Fruits andVegetables. 56 FR 42686.

62. FDA, 2003b. Food and Drug Administration Code of Federal Regulations 21 CFR Part 178, Section 178.1010: Sanitizing Solutions. <http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/FCF173.html>

63. Revista Industrial del campo (2007).Sin reglamentos desinfectantes en verduras [en línea]. Disponible en: <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/sin-reglamentos-desinfectantes-de-verduras/>

Consultado: Julio 22, 2014.

64. NORMA Oficial Mexicana NOM-181-SSA1-1998, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germicidas para tratamiento de agua, de tipo doméstico.

65. Cardador MJ, Gallego M.(2012). Effect of the chlorinated washing of minimally processed vegetables on the generation of haloacetic acids. *J Agriculture Food Chemistry*. 260(29):7326-32.

66. Committee on Toxicity of Chemicals in Food (COT), (2007). Consumer Products and the Environment. COT statement on a survey investigating disinfection by-products in prepared salads. Disponible en: <http://cot.food.gov.uk/pdfs/cotstatementwashhairs200614.pdf>

67. Huang, T.S., Xu, C.L., Walker, K., West, P., Zhang, S.Q., Weese, J.(2006). Decontamination efficacy of combined chlorine dioxide with ultrasonication on apples and lettuce. *Journal of Food Science* 71:134–139.

68. Selma, M.V., Allende, A., López-Gálvez, F., Conesa, M.A., Gil, M.I.(2008). Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh cut vegetable industry. *Food Microbiology* 25, 809–814.

69. Koivunen J, Heinonen-Tanski H.(2005). Inactivation of enteric microorganisms with chemical disinfectants, UV irradiation and combined chemical/UV treatments. *Water Reserch*. 39(8):1519-26.

70. Aplicación de los pulsos de luz en la Industria Alimentaria.(2014). [en línea] Disponible en: http://www.catedu.es/ctamagazine/index.php?option=com_content&view=article&id=1746:aplicacion-de-los-pulsos-de-luz-en-la-industria-alimentaria&catid=94:artlos-del-mes-archivo

Consultado: marzo 7, 2014.

71. Gómez-López VM, Devlieghere F, Bonduelle V, Debevere J.(2005). Intense light pulses decontamination of minimally processed vegetables and their shelf-life. *Int J Food Microbiol*. 103(1):79-89..

72. T. Ohlsson, SIK (Swedish Institute for Food and Biotechnology), Gothenburg and N. Bengtsson. (2000). Minimal processing technologies in the food industry. Woodhead Publishing in Food Science and Technology. Caps 1, 5 y 9.

73. Food Marketing Institute (FMI). (2007). Irradiation for fresh produce. [en línea]. Disponible en: <http://www.fmi.org/media/bg/irradiation>.

Consultado: marzo 01, 2014

74. Niemira, B.A. and C.H. Sommers (2006), New Applications in Food Irradiation. In D.R. Heldman, ed., Encyclopedia of Agricultural, Food and Biological Engineering, Dekker Encyclopedias, Taylor & Francis, publishers. Disponible en: www.dekker.com/sdek/abstract~db=enc~content=a713617899

75. FDA, 2008. Food and Drug Administration Code of Federal Regulations 21 CFR Part 179: Irradiation in the Production, Processing and Handling of Food. FDA-1999-F-2405, 1999F-5522. <http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/fr080822.html>. Accessed 08.02.09

76. Ongeng, D., Devlieghere, F., Debevere, J., Coosemans, J., Ryckeboer, J., (2006). The efficacy of electrolysed oxidising water for inactivating spoilage microorganisms in process water and on minimally processed vegetables. International Journal of Food Microbiology 109, 187–197.

77. Abadias M, Usall J, Oliveira M, Alegre I, Viñas I. (2008) Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables. Food Microbiology .123(1-2):151-8.

78. Puig Peña V, Carrera Vara J, Leyva Castillo V, Hernández Castro I. (2011). Establecimiento de una técnica para la determinación de enteroparásitos en vegetales mediante inmunofluorescencia. Revista Cubana Higiene y Epidemiología. 49(1) : 24-32

79. SAGARPA. (2014). “Declaración de intención para la cooperación en la alianza para la inocuidad de productos agrícolas frescos y mínimamente procesados”. Boletín de prensa. Disponible en: www.sagarpa.com.mx

80. Secretaría de Economía. Comité Mexicano de Atención al Codex Alimentarius. Última actualización 2014. Disponible en: <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/normalizacion-internacional/codex>

Consultado: Abril 03, 2014.

81. México Produce. Sellos de confianza. [en línea] Disponible en: <http://www.mexicoproduce.mx/sellos.html>

Consultado: Abril 03, 2014.