

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS



EVALUACIÓN DE SANITIZANTES Y CONDICIONES PARA LA GESTIÓN DE
AGUA PARA PRODUCTO HORTOFRUTÍCOLA FRESCO

POR:

Nancy López Espíritu

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre de 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE SANITIZANTES Y CONDICIONES PARA LA GESTIÓN
DE AGUA PARA PRODUCTO HORTOFRUTÍCOLA FRESCO

Presentada por:
Nancy López Espiritu

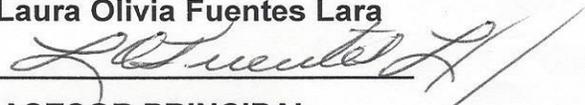
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

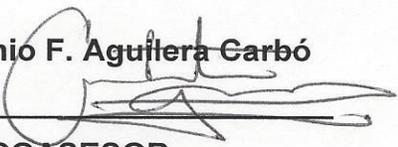
Dirigido por el siguiente comité asesor:

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara



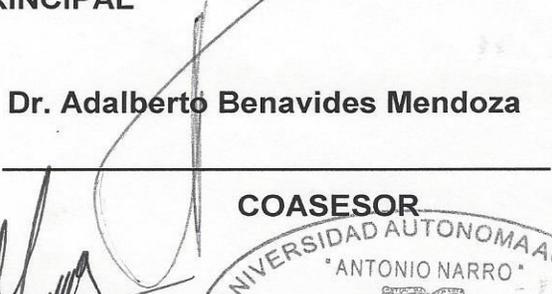
ASESOR PRINCIPAL

Dr. Antonio F. Aguilera Carbó



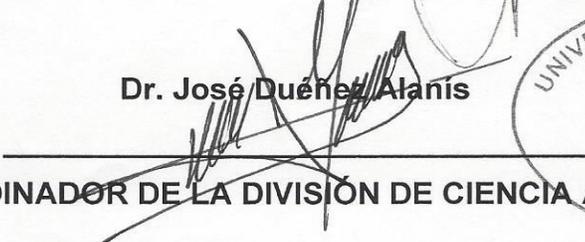
COASESOR

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

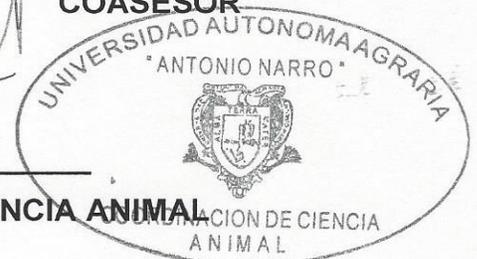


COASESOR

Dr. José Duñer Alanís



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Octubre de 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
EVALUACIÓN DE SANITIZANTES Y CONDICIONES PARA LA GESTIÓN
DE AGUA PARA PRODUCTO HORTOFRUTÍCOLA FRESCO

Presentada por:
Nancy López Espiritu

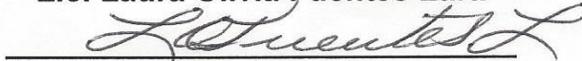
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador:

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

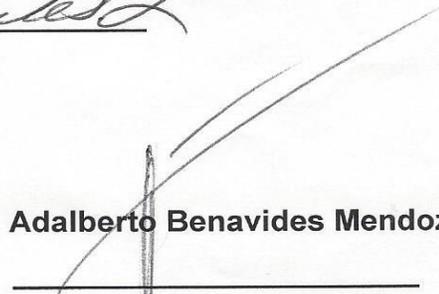


PRESIDENTE

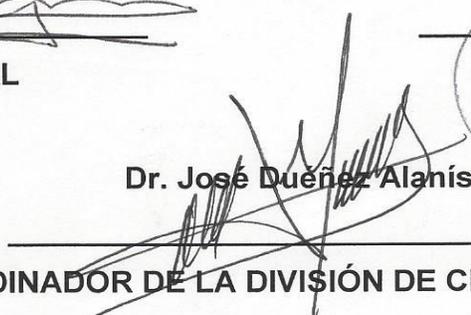
Dr. Antonio F. Aguilera Carbó


VOCAL

Dr. Adalberto Benavides Mendoza


VOCAL

Dr. José Duéñez Alanís


COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Octubre de 2015.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Chapingo

Por el conocimiento brindado a través de sus profesores, y enseñarme a ser una persona con pensamientos críticos y sobre todo la enseñanza de luchar por lo justo para el bienestar de los mexicanos.

Al departamento de Ingeniería Agroindustrial

Por ser la base fundamental de nuestra formación académica, por abrigar a la comunidad estudiantil como una familia con valores éticos y profesionales. Además de ofrecer calidad educativa con reconocimiento nacional e internacional.

A los académicos colaboradores en el presente trabajo

Dr. José Joel E. Corrales García

Ibq. Félix Esparza Torres

Qfb. Adalberto Gómez Cruz

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Dra. Patricia Landa Salgado

Por el apoyo incondicional que con humildad y armonía nos proporcionaron, sabiendo que todos los profesionistas tenemos un compromiso ante la sociedad.

A los laboratoristas

Angélica Paredes Hernández

Araceli

Por las asesorías y facilitar el material necesario para la elaboración de la fase experimental.

DEDICATORIA:

Dedico esta tesis A. DIOS, que ha sido mi inspiración en mi vida, brindándome sabiduría y jamás me ha dejado sola en el trayecto de mi camino.

A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos, quienes sin su ayuda no hubiese logrado finalizar este proyecto, gracias FIDEL LÓPEZ Y VICENTA ESPIRITU.

A mi esposo JAIRO CARDONA quien me alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir. A mi hija HANNA por la paciencia que ha tenido conmigo para que pudiese llegar a la culminación de este grado profesional. A mis hermanos ANDRES F. Y JOHAN S. Quienes fueron un gran apoyo emocional durante el trayecto de mi carrera y mi vida.

A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis.

A todos se los agradezco desde el fondo de mi alma.

RESUMEN:

La sanitización es una opción importante para disminuir la carga microbiana presente en los alimentos frescos. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de tres desinfectantes, ácido láctico 0.5 %, hipoclorito de sodio 100 ppm y ozono 180 mg/h, en tres diferentes tiempos de contacto (3,6 y 8 minutos) para reducir la carga microbiana de la corteza del melón. Después de la aplicación de los desinfectantes se estimó el número de microorganismos mesófilos aerobios y coliformes totales (UFC/g) sobrevivientes en muestras de corteza de los melones desinfectados. Los resultados obtenidos mostraron que las mayores reducciones de mesófilos aerobios las produjo el hipoclorito de sodio, con una reducción máxima de 4.61 \log_{10} UFC/g mientras que el ozono tuvo una reducción máxima de 4.49 \log_{10} UFC/g esto fue en el minuto 8 para aerobios mesófilos. En el caso de coliformes totales, la mayor reducción alcanzada fue para el ozono con una reducción microbiana de 4.15 \log_{10} UFC/g, por su parte el hipoclorito de sodio alcanzo una reducción máxima de 4.07 \log_{10} UFC/g para los dos desinfectantes fue en el minuto 8. El uso de sanitizantes se encuentra en función del tipo de alimento fresco y de los microorganismos de interés. La investigación dio como resultados que solamente dos de los tres desinfectantes utilizados disminuyen significativamente la carga microbiana inicial de la superficie del melón. El hipoclorito de sodio y el ozono pueden ser utilizados para la desinfección del melón.

Palabras claves: sanitización, mesófilos aerobios, coliformes totales

ÍNDICE DE CONTENIDO	pag
1. INTRODUCCIÓN	3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3. OBJETIVOS	6
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
4.1 Melón (<i>Cucumis melo</i> , L)	6
4.1.2 Origen	6
4.1.3. Taxonomía del melón	6
4.2 PARTICULARIDADES DEL CULTIVO	8
4.2.1 Temperatura	8
4.2.2 Humedad	8
4.2.3 Luminosidad	8
4.2.4 Suelo	8
4.2.5 pH	9
4.2.6 Salinidad	9
4.2.7 Ciclo vegetativo	9
4.3 EI MELON EN MÉXICO	9
5.0 LA DESINFECCIÓN EN PERSPECTIVA	12
5.1 FORMAS DE APLICACIÓN DE SANITIZANTES	13
5.1.1 aplicación por aspersión	13
5.1.2 aplicación por inmersión	14
6.0 TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS	14
6.1 TRATAMIENTOS FÍSICOS	15
6.2 TRATAMIENTOS QUÍMICOS	16
6.2.1 Cloro (Cl)	16
6.2.1.1 Hipoclorito de sodio	17
6.2.2 OZONO	19
6.2.2.1 Ozono en la industria de los alimentos	20
6.3 ÁCIDOS ORGÁNICOS	22
6.3.1 Ácido láctico	22
7.0 MATERIALES Y MÉTODOS	24
7.1 FASE EXPERIMENTAL	24
7.2 METERIA VEGETAL	24
7.3 TRATAMIENTOS EVALUADOS	24
7.4 APLICACIÓN DE DESINFECTANTES	26
7.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	26
7.6 PRESENCIA O AUSENCIA DE AEROBIOS MESOFILOS Y COLIFORMES TOTALES	27
7.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28

8 RESULTADOS Y DISCUSIONES	28
8.1 Parámetros microbiológicos	28
8.2 Bacterias mesófilas aerobias (BMA)	28
8.3 Coliformes totales	32
9. CONCLUSIÓN	36
9. BIBLIOGRAFIA	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. . México: superficie cosechada de melón 1997-2007.(SAGARPA-Laguna, 2008).----	10
Figura 2.Estructura química del ácido láctico -----	23
Figura 3. Forma comercial de ácido láctico (85 %) -----	25
Figura 4 recuperación de células después de los tratamientos (mesófilos aerobios) bajo diferentes concentraciones y los 3 tiempos por medio del análisis de varianza ANOVA, con una significancia del 0.074 ($p < 0.05$). Las medias seguidas con la misma letra estadísticamente son iguales (prueba Fisher al 5 % de significancia). (Bacterias Mesófilas Aerobias) -----	32
Figura 5 Recuperación de células después de los tratamientos (coliformes totales) bajo diferentes concentraciones y los 3 tiempos por medio del análisis de varianza ANOVA, con una significancia del 0.074($p < 0.05$). Las medias seguidas con la misma letra estadísticamente son iguales (prueba Fisher al 5 % de significancia). -----	35

ÍNDICE DE CUADRS

Cuadro 1 Taxonomía del melón _____	7
Cuadro 2 Propiedades físico-químicas del ácido láctico _____	23
Cuadro 3. Ficha técnica del generador del ozono _____	25
cuadro 4. Estructura de los tratamientos obtenidos y diluciones consideradas para los análisis microbiológicos _____	27
Cuadro 5. Reducciones microbianas de mesófilos aerobios causadas por diferentes sanitizantes, aplicados por distintos tiempos de tratamiento en la superficie de melón cantaloupe. _____	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 6. Eficacia de Reducciones microbianas de coliformes totales causadas por diferentes sanitizantes, aplicados por distintos tiempos de tratamiento en la superficie de melón cantaloupe _____	34

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una preocupación mundial por un estilo de vida más saludable, lo que ha incrementado la demanda de alimentos frescos, libres de aditivos, y con un alto valor nutricional, para ser consumidos tanto en el hogar como en servicios de alimentación (Wiley, 1994; Artés et al., 2009).

Para asegurar la calidad de las frutas y hortalizas es necesario minimizar la contaminación de los productos con microorganismos patógenos que puedan afectar la salud del consumidor. A su vez, es de suma importancia, reducir al máximo el inóculo de patógenos y vegetales que puedan afectar la calidad del producto durante el almacenamiento postcosecha. Con el fin de disminuir la carga microbiana inicial de los productos frescos, éstos se someten a un lavado después de la cosecha usando sistemas de transporte por cinta, tanques o aspersores de agua lo que permite remover restos de tierra y desechos, mejorar la apariencia del producto, bajar la temperatura y limitar el desarrollo de cambios fisiológicos, lo cual tiene un impacto sobre la calidad, la vida útil y la inocuidad del producto (Fan et al., 2009).

La eficiencia de los tratamientos de lavado parece estar relacionada con las características de la superficie del vegetal y la susceptibilidad microbiana de cada especie (Velázquez et al., 2009).

La contaminación de las frutas y hortalizas pueden ocurrir en cualquier etapa de la producción al consumo (Johnston et al., 2005). Además, cada fruta y hortaliza tiene una composición y características físicas únicas y está expuesta a diferentes condiciones durante su producción, almacenamiento y distribución (NACMCF, 1999).

En la actualidad existen diferentes métodos para reducir la flora superficial de frutas y hortalizas. Cada método tiene ventajas y desventajas dependiendo el tipo de producto y del proceso. En general los métodos utilizados se basan en procesos físicos y/o químicos (Huffman, 2002). Entre los tratamientos químicos más utilizados destacan el hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones y tiempos de contacto (Ukuku, y Sapers 2006); y entre los físicos, está la aplicación de calor utilizando agua a alta temperatura sobre la superficie del melón (Ukuku, 2005). Sin embargo, actualmente se

carece de un tratamiento 100% efectivo para controlar a microorganismos patógenos presentes en el melón (Ukuku y Sapers, 2006).

Varios estudios reportan las condiciones que afectan el crecimiento y la supervivencia de microorganismos en vegetales frescos (Campbell et al., 2001; Castillo et al., 2004; Kim y Beuchat, 2005) y también la efectividad de los sanitizantes en patógenos (Han et al., 2001; Rodgers et al., 2004); sin embargo, existe una gran variación en los métodos experimentales, lo cual repercute en su efectividad.

La sanitización consiste en la acción biosida de diferentes agentes. Agentes oxidantes, que interfieren con la síntesis de proteína celulares o ácidos orgánicos que penetran a la célula provocando un efecto depresor del pH y prolongan los periodos de almacenamiento del producto (Beuchat et al., 2001).

Debido a que los agentes sanitizantes operan por contacto, su aplicación debe ser en sistemas que aseguren mantener dicho contacto para que la acción biosida sea efectiva (Castro, 2003). Es importante que la sanitización de alimentos sea acompañada de un lavado con agua potable y jabón antes de aplicar el desinfectante. Esta agua debe ser de calidad potable y contener algún tipo de desinfectante, como por ejemplo cloro en bajas concentraciones (FAO, 2007) ya que el objetivo de lavado es remover la tierra, los restos de tejidos vegetales, los fluidos celulares ricos en nutrientes generados como consecuencia del corte, los residuos de pesticidas y numerosos microorganismos causante de deterioro (Nguyen-the y Carlin, 1994). Por esto el lavado es considerado un punto crítico de control (IFPA, 2003) en la sanitización de hortaliza frescas.

Así, mismo, el Melón (*Cucumis melo*) durante su almacenamiento o la comercialización pueden producirse alteraciones fisiológicas o enfermedades causadas por hongos y bacterias. Los hongos (*Colletotrichum orbiculare*, *Cladosporium cucumerinum*, *Rhizopus stolonifer* entre otros) producen unas manchas pequeñas, cóncavas y cubiertas por una pelusa gris, suele aparecer durante el transporte y almacenamiento de los frutos, a veces con especial virulencia (Nova, 2013). El melón ha sido asociado con los brotes de enfermedades de origen alimentario (CISAN, 2011). La contaminación del producto puede derivarse de una variedad de fuentes, incluidos el

suelo, el agua, el equipo, los animales y los seres humanos (Beuchat, 1996). Además, los melones pueden contaminarse durante el cultivo, el manejo poscosecha, el empacado el transporte, la distribución, o durante la preparación en el hogar. Durante el manejo poscosecha y empacado existen la posibilidad de que los melones sean contaminados por el equipo utilizados para el transporte, la limpieza, el empacado o por el lavado con agua (Parnell et al., 2005). Así también, es probable que la transferencia de bacterias de la corteza del melón a la pulpa comestible ocurra durante el proceso de corte (Ukuku y Sapers, 2001). De ser así, se alcanzarían altos niveles de microorganismos patógenos antes de que los signos de deterioro fueran evidentes. Por lo tanto, son necesarios nuevos planteamientos para la sanitización de melones.

En el presente estudio se probó el efecto de diferentes agentes sanitizantes sobre la superficie del melón, mediante el estudio de la efectividad de sanitizantes (ozono, hipoclorito de sodio y ácido láctico) para la reducción microbiana en la superficie del melón.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe poco conocimiento sobre los sanitizantes como el ozono, hipoclorito de sodio y ácido láctico y su capacidad de eliminar microorganismos patógenos en frutas frescas y hortalizas (Ritenour *et al.*, 2007). La información publicada que sustenta corresponde a investigaciones puntuales, es decir trabajos en los que prueban efectos particulares de cada desinfectante, sin embargo no se han reportado trabajos que comparen la efectividad entre estos tres sanitizantes.

La inaplicación de desinfectantes es lo que provoca la deficiente calidad microbiológica del melón cantalopue. Es necesario implementar nuevos métodos que permitan conservar a los alimentos y sin dañar a la salud del consumidor.

En el presente estudio se probó el efecto de diferentes agentes sanitizantes sobre la superficie del melón, mediante el estudio de la efectividad de sanitizantes (ácido láctico, ozono, hipoclorito de sodio).

Partiendo de investigaciones previas al tema y a lo antes mencionado, el presente trabajo tiene los siguientes objetivos

3. OBJETIVOS.

- Evaluar 3 sanitizantes (ácido láctico, ozono e hipoclorito de sodio) para la desinfección del melón cantaloupe
- Determinar la presencia o ausencia de Mesófilos aerobios y coliformes totales con diferentes tiempos 3, 6, 8 min después de cada tratamiento.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Melón (*Cucumis melo*, L)

El melón mexicano es una hortaliza que ha mantenido su participación en el mercado internacional por su calidad. Esta hortaliza representa una fuerte derrama económica para su manejo, cosecha y empaque (Gobierno de Veracruz, 2004).

4.1.2 Origen

No existe un criterio homogéneo en lo referente al origen del melón, aunque la mayoría de los autores acepta que el melón tiene un origen africano. Si bien, hay algunos que consideran la India como el centro de domesticación de la especie, ya que es donde mayor variabilidad se encuentra para la misma. Afganistán y China son considerados centros secundarios de diversificación del melón y también en España la diversidad genética es importante (Infoagro, 2011).

4.1.3. Taxonomía del melón

El melón pertenece a la familia de los *Cucurbitaceae*, por lo que presenta las siguientes características (Cuadro1).

Cuadro 1. Taxonomía del melón

Nombre Común	Melón.
Familia	<i>Cucurbitaceae.</i>
Nombre científico	<i>Cucumis melo L.</i>
Planta	Anual herbácea, de aporte rastrero o trepador.
Sistema radicular	Abundante, muy ramificado y de rápido desarrollo.
Tallo principal	Están recubiertos de formaciones pilosas, y presentan nudos en los que se desarrollan hojas, zarcillos y flores, brotando nuevos tallos de las axilas de las hojas.
Hoja	Ovalada, dividida en 3-7 lóbulos con los márgenes dentados, son vellosas.
Flor	Las flores son solitarias, de color amarillo y pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas.
Fruto	Su forma es variable (esférica, elíptica, aovada, entre otras); la corteza de color verde, amarillos, anaranjado y blanco, pueden ser lisa, reticulada o estriada. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa.

Fuente: Infoagro, 2011

4.2 PARTICULARIDADES DEL CULTIVO

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el resto.

4.2.1 Temperatura

Para que exista una buena germinación de las semillas debe haber temperatura mayores de 15°C, siendo el intervalo óptimo de 24°C a 30°C; la temperatura ideal para el desarrollo debe oscilar en un rango de 18°C a 30°C, con máximas de 32°C y mínima de 10°C, (Valdez, 1994).

Para una buena polinización es necesario que la temperatura no descende de los 18°C, y su valor optimo es de 20 a 21°C, (Maroto, 1989).

Cuando el fruto se encuentra en la etapa de maduración debe haber una relación de temperaturas durante el día y la noche, es decir, en el día deben registrarse temperaturas altas (>30°C) y días muy iluminados, y por la noche deben presentarse temperaturas frescas (15°C a 18 °C) (Valdez, 1994).

4.2.2 Humedad

Pearsons (1983), menciona que estas plantas no soportan una humedad excesiva, además de que los altos niveles de humedad del ambiente favorecen la incidencia de enfermedades fungosas como el mildiú y la cenicilla, al inicio del desarrollo de la planta la humedad relativa debe ser del 65-75%, en floración del 60-70% y en fructificación del 55-65%. La planta de melón necesita bastante agua en el período de crecimiento y durante la maduración de los frutos para obtener buenos rendimientos y calidad. (Maroto, 1989).

4.2.3 Luminosidad

El melón es muy exigente en iluminación, favoreciendo ésta su desarrollo en todos los sentidos (Maroto, 1989).

4.2.4 Suelo

La planta de melón no es muy exigente en suelo, pero da mejores resultados en suelos ricos en materia orgánica, profundos, mullidos, bien drenados, con buena aireación y pH comprendido entre 6 y 7. Si es exigente en cuanto a drenaje, ya que los encharcamientos son causantes de asfixia radicular y podredumbres en frutos (Maroto, 1989).

4.2.5 pH

El melón está clasificado como una hortaliza ligeramente tolerante a la acidez, ya que se desarrolla en un pH de 6.8 a 6.0, cabe mencionar que el pH muy ácido puede ocasionar un disturbio fisiológico llamado amarilla miento *ácido* (Valdez 1994; citado por Paredes, 2000).

4.2.6 Salinidad

El melón está considerado como un cultivo moderadamente resistente a la salinidad. Un crecimiento en ésta, conlleva a un aumento en los contenidos de cloro y sodio en hojas y frutas, así como un ascenso del porcentaje de sólidos solubles en los frutos (Maroto, 1989).

En lo que respecta a la tolerancia a la salinidad, está clasificado como de mediana o baja tolerancia, presentando valores de 2560 ppm (Valdez, 1994).

4.2.7 Ciclo vegetativo

El melón es una planta anual herbácea, cuyo ciclo vegetativo se ve afectado principalmente por las temperaturas y por el cultivar que se trate. El tiempo a partir de que se siembra hasta la fructificación es de 90 a 110 (Paredes 2000).

4.3 EI MELÓN EN MÉXICO

El melón es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social para nuestro país. Dependiendo del precio, el valor de la producción varía desde \$25,000 hasta \$120,000 pesos por hectárea y genera alrededor de 120 jornales por hectárea (ASERCA, 2000). El comportamiento de la superficie nacional cosechada de melón durante el período 1980-2007 muestra tres períodos diferentes. El primero corresponde a la década de los ochenta cuando la superficie cosechada con melón a nivel nacional registró un constante crecimiento pasando de 27,050 hectáreas en 1980 a 51,506 hectáreas en 1991.

El motor principal de este crecimiento estuvo representado por el mercado externo a donde se dirigía entre el 30 y 40% de la producción nacional (Espinoza, 1998). Del total de las exportaciones el 99% se enviaba a los Estados Unidos (USDA-AMS, 2002).

El segundo período corresponde a los años 1992-2000 en el cual la superficie de melón registró una reducción significativa estabilizándose en un rango de entre 26 mil y 30 mil hectáreas. Esta reducción tuvo que ver con la eliminación de la atribución concedida a

la Confederación Nacional de Productores de Hortalizas (CNPH) de emitir permisos de siembra con fines de exportación y permisos de exportación de melón los cuales permitían a esa organización regular la oferta de exportación. El tercer período inicia a partir del año 2001 cuando la superficie con melón vuelve a reducirse registrando desde entonces valores de alrededor de 22 mil hectáreas anuales (SIAP, 2008 (Figura 4). Esta última reducción tuvo que ver con los problemas sanitarios que presentó el melón exportado a los Estados Unidos.

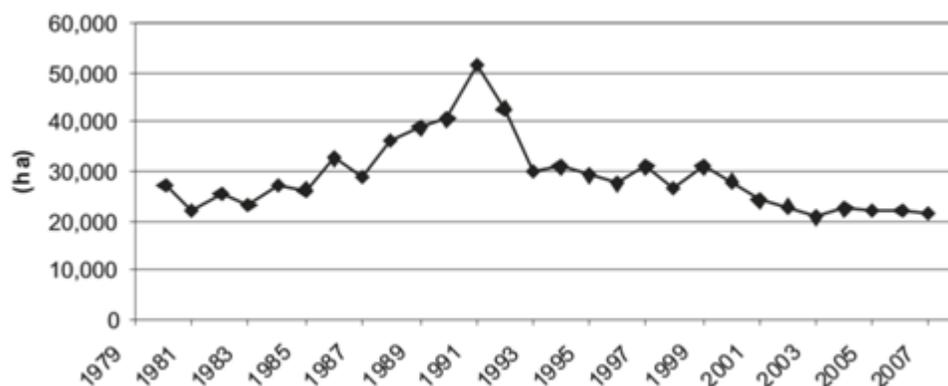


Figura 1. . México: superficie cosechada de melón 1997-2007.(SAGARPA-Laguna, 2008).

La producción de melón a nivel mundial es de aproximadamente 26 millones de toneladas anuales teniendo a China como el principal país productor al participar con el 51% de la producción total. México se ubica en el octavo lugar mundial con una participación del 2.2% (FAO, 2007). A nivel nacional, la superficie cosechada es de 21,500 hectáreas y se producen más de 543 mil toneladas. La Región Lagunera destaca como la zona melonera más importante del país con una superficie anual promedio de más de 5,300 hectáreas y una producción de 115,000 toneladas. Mapimí es el municipio con mayor superficie y producción en la región con una superficie cosechada, en el año 2007, de 1,817 hectáreas y una producción de 42,183 toneladas (SAGARPA-Laguna, 2008).

En 1994 entró en vigor el Tratado de Libre Comercio de México con Estados Unidos y Canadá (TLCAN) donde se negoció la desgravación arancelaria gradual, en algunos casos, y en otros inmediata, de todos los productos del sector agropecuario y forestal (Diario Oficial de la Federación, 1993). Dentro del grupo de frutas y hortalizas el melón era el producto más gravado (Málaga, 1997) con aranceles de entre 20% y 32% dependiendo de la estación del año.

En los años 2000, 2001 y 2002 la exportación de melón cantaloupe de México a Estados Unidos y Canadá se vio afectada por la asociación de su producción con problemas fitosanitarios, específicamente contaminación con la bacteria *Salmonella*. El primer caso documentado se dio entre los meses de Marzo y Abril del año 2000 donde se vieron afectadas 47 personas que consumieron melón contaminado con *Salmonella* Poona procedente del sur de México, lo que originó un cierre de fronteras específico para el broker (de Arizona) y la unidad agrícola donde se produjo el melón. Durante el otoño la FDA visitó el lugar e hizo recomendaciones específicas para reducir las posibilidades de contaminación. A finales de la primavera del año 2001, se suscitaron dos casos más de contaminación por *Salmonella* atribuidos al melón cantaloupe. El primero atribuido a *Salmonella* Poona y el segundo a *Salmonella* Anatum. En esta ocasión 50 personas se enfermaron de las cuales 2 perdieron la vida (Anderson et al., 2002; FDA, 2002).

La FDA determinó que el melón contaminado en 2001 provenía del mismo broker y del mismo productor implicado en el brote del año anterior. El 25 de Mayo de 2001 la FDA emitió una alerta de importación contra el distribuidor y el productor implicados en el problema. En Mayo del 2002 se dio un tercer caso de contaminación por *Salmonella* Poona en Estados Unidos y Canadá, el cual fue asociado con melón cantaloupe Mexicano importado a través de la aduana de Mc Allen, Texas. Esta vez 58 personas se vieron afectadas (Anderson et al., 2002). Este fue el tercer año consecutivo en el cual el brote se relacionó con melones del sur de México (Calvin, 2003). El 28 de Octubre del 2002 la FDA emitió una alerta de importación (cierre de fronteras) contra todos los melones cantaloupe provenientes de México (FDA, 2002). El 4 de Noviembre

de 2002, Canadá emitió una alerta similar para todos los melones cantaloupe Mexicanos (CFIA, 2002).

En el 2005, a través de un memorando de entendimiento entre México (SENASICA) y Estados Unidos (FDA) la frontera se vuelve a abrir a los melones mexicanos, pero esta vez condicionados a una certificación de inocuidad. Esta certificación incluye la aplicación de buenas prácticas agrícolas (BPA) y de manejo (BPM).

5. LA DESINFECCIÓN EN PERSPECTIVA

Los desinfectantes y productos de saneamiento se usan a lo largo de toda la cadena de producción/transformación alimenticia. En la fase de producción, estos productos ayudan a prevenir la propagación de enfermedades de los animales. En la fase de transformación, desinfectantes y agentes de saneamiento permiten reducir el contenido microbiano en los productos comestibles, controlar el deterioro de los alimentos y reducir la posibilidad de transmisión de agentes patógenos a través de los alimentos o la basura. Para que la desinfección sea eficaz, se debe proceder a una buena limpieza antes de aplicar los productos químicos, la presencia de materia orgánica o polvo afecta la efectividad de los frutos. Este requisito es tan importante que se podría considerar la expresión «limpieza-desinfección» como una sola palabra para designar un solo concepto, como lo refleja el empleo bastante corriente en inglés de las siglas C & D, es decir cleaning and disinfection, (limpieza y desinfección) consideradas como un solo proceso (Khars, 1995). Si el agua de lavado no es apropiadamente sanitizada puede convertirse en una fuente de contaminación cruzada para cada pieza de producto que pase a través de ella (IFPA, 2003). Por lo tanto, la adición de sanitizantes al agua de lavado es un requisito esencial para mantener la seguridad de la misma. La concentración de sanitizantes, el tiempo de contacto, la cantidad de materia orgánica, la agitación y el pH, son todos parámetros claves durante el lavado (Izumi, 1999). La importancia que tiene la producción de un alimento inocuo radica en crear confianza al consumidor y a la posibilidad de acceder a mercados extranjeros. La presencia de microorganismos patógenos en alimentos es uno de los intereses en la salud pública,

debido a su incremento en frecuencia, la población vulnerable e impacto socioeconómico (González y Rojas, 2005).

5.1 FORMAS DE APLICACIÓN DE SANITIZANTES

La mayoría de los métodos requieren de contacto físico con la superficie y por los diferentes tamaños existe la posibilidad de que una parte quede sobre expuesta mientras que otra no tenga contacto con el desinfectante. Por ejemplo, los tratamientos que requieren de rayos de energía, como luz ultravioleta, puede que no tengan acceso a área donde el rayo es bloqueado por una protuberancia que hace sombra en un área de las hortalizas. En el momento de aplicar métodos de desinfección se debe tener un buen diseño para evitar toda esta clase de inconvenientes (Sastry et al, 2000).

5.1.1 aplicación por aspersión

La aplicación por aspersión es el método más común. Sin embargo, el ángulo de la aplicación y la presión en la cual una solución es aplicada, esta afecta en los resultados de los tratamientos. La limpieza por aspersión se realiza mediante el bombeo de la solución de limpieza desde un depósito a través de un sistema de conducción, proyectando mediante boquillas de aspersión dicha solución sobre la superficie sucia. La presión de trabajo puede variar desde magnitudes tan bajas como 14 kPa hasta otras tan elevadas como 13800 kPa. En general, cuanto más alta es la presión de aspersión, mayores son las fuerzas mecánicas que actúan sobre la superficie metálica para eliminar la suciedad. Estos efectos mecánicos son especialmente importantes para la eliminación de partículas insolubles como polvo, pequeñas partículas metálicas, o carbonilla (Cleantool, 2001).

Para optimizar el funcionamiento de la aspersión se debe tener en cuenta la boquilla adecuada (flujo, patrón de aspersión, tamaño de la partícula y velocidad), mantenimiento preventivo, evaluar la posición y el cubrimiento de la boquilla (Hugas y Tsigarida, 2008).

5.1.2 aplicación por inmersión

La inmersión es el método de limpieza más versátil, particularmente se utiliza para la limpieza de piezas con formas irregulares, configuraciones cilíndricas y tubulares o cajas que no se puedan limpiar adecuadamente utilizando sistemas de aspersion. Las formas de aplicación de éste método pueden variar desde la inmersión manual de una pieza, agitación de una cesta conteniendo varias piezas en una cuba de inmersión a temperatura ambiente, hasta instalaciones altamente automatizadas operando a temperaturas elevadas con agitación controlada (Cleantool, 2001).

Se puede mejorar la eficacia de la limpieza por inmersión, desplazando el agua por medio de agitadores de hélice alojados en el depósito o moviendo el producto en el seno del agua por medio de paletas de movimiento lento. Estos procedimientos tienden a deteriorar los productos delicados. También se puede agitar haciendo burbujear aire, procedimiento útil para productos delicados como fresas, espárragos etc. (Lage Fidalgo A. 1998).

6. TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS

La aplicación de buenas prácticas de higiene durante la producción y transporte de frutas y hortalizas combinadas con el Análisis de Peligro Puntos Críticos de Control (APPCC) ciertamente minimizan la contaminación y reducen el riesgo de las enfermedades asociadas con los alimentos (Beuchat, 1998). Sin embargo el APPCC no garantiza la obtención de un producto inocuo, el uso de tratamientos de desinfección se vuelve indispensable para incrementar la seguridad del alimento.

Existen una gran variedad de métodos para reducir poblaciones microbianas en los alimentos. El mejor método para eliminar microorganismos de frutas y verduras es aquel que previene la contaminación. Sin embargo, estos no siempre es posible, la necesidad de lavar y desinfectar dichos productos se vuelve de gran importancia para reducir el riesgo microbiano (Beuchat et al., 1997; Beuchat et al., 1998).

La desinfección se refiere al proceso por medio del cual se obtiene una eficaz destrucción o reducción del número de microorganismo de importancia en salud pública cuya actividad compromete la inocuidad o las características sensoriales de un alimento, sin afectar la calidad del producto o la seguridad del consumidor (FDA, 1998).

En microbiología generalmente se expresa los datos de reducción de población microbiana como logaritmos en lugar de porcentaje para evitar los cálculos muy grandes. Las reducciones microbianas puede ser expresadas como \log_{10} de UFC donde los logaritmos de reducción de 1, 2, 3, 4 y 5 equivalen a porcentajes de eficacia de Reducción de 90, 99, 99.9, 99.99 y 99.999% respectivamente (Sapers, 2001).

Los métodos tradicionales de desinfección usados en frutas y verduras involucran tratamientos físicos y químicos. El control de la contaminación requiere que estos tratamiento se apliquen al equipo e instalaciones así como al producto (IFT, 2000)

6.1 TRATAMIENTOS FÍSICOS

La congelación es uno de los métodos más usados para la conservación de los alimentos por mantener significativamente los atributos originales del producto (Charoenrein et al., 2006). De acuerdo a Wu L. et al., (2009) argumentan que la congelación es el mejor método de conservación de alimentos que cualquier otra tecnología. Sin embargo, cuando se emplea para frutas y vegetales con altos contenidos de humedad se forman cristales de hielo de gran tamaño que provocan una fuerte agresión y daños irreversibles a la estructura, presentado notables pérdidas de calidad como pérdida de peso o pérdida de fase líquida, textura, color entre otras propiedades (Plank, 2005).

La congelación demuestra efectividad, Bermudez et al., (2011) sometieron los melones a un pre-tratamiento osmótico con dos niveles de humedad (85 y 75%). Las muestras previas a la congelación se deshidrataron en una solución osmótica (SO) de sacarosa comercial a 65 °Brix a 28 °C. Las muestras frescas (control) y las osmodeshidratadas se congelaron a -40 °C en un ultra-congelador, posteriormente se empacaron en bolsas de congelación y se almacenaron en un congelador a -18 °C durante 15 días. La aplicación de pre-tratamientos osmóticos a la congelación de melón evidenció un efecto crioprotector (reducción de pérdidas de calidad); esta aplicación de pretratamientos osmóticos ofrece un alto potencial para la reducción de pérdidas de calidad a otras frutas durante la congelación.

Otro tratamiento físico utilizados son atmosferas modificas puede ser definida como aquella que se crea por alterar la normal composición gaseosa del aire (78% N₂, 21%

O₂, 0.03% CO₂ y trazas de gases nobles) para proporcionar una óptima atmósfera que permita prolongar la conservación, así como la calidad del producto. Esto puede lograrse por el uso de envasado en atmósfera modificada (EAM) de forma pasiva o activa o atmósferas controladas (AC). Las técnicas de EAM y AC sólo difieren en el grado de control, siendo esta última la más precisa (Artés, 1995; Kader, 2002; Moleyar y Narasimham, 1994; Phillips, 1996). Las atmósferas con bajo O₂ y/o elevado CO₂ pueden extender la vida útil de muchos productos tanto enteros como procesados en fresco (Kader, 1986) por:

- retrasar las reacciones de pardeamiento en la superficie del corte (King et al., 1991), - reducir la velocidad de transpiración (pérdida de agua) y la respiración y la biosíntesis y acción del etileno (Artés, 1995; Gorny et al., 1998).

Portela et al. (1997) Encontraron en Cantaloupe, una inaceptable calidad global tras 9 días a 5°C en atmósferas con bajo O₂ (1.5 ó 3kPa) o en aire, aunque si la AC era de bajo O₂ con alto CO₂, (3 kPa O₂ + 15 kPa CO₂, 3 kPa O₂ + 7.5 kPa CO₂) ó sólo de alto CO₂ (7.5 kPa o 15 kPa) podían conseguir esta vida útil.

6.2 TRATAMIENTOS QUÍMICOS

Las intervenciones químicas consisten en la aplicación de químicos de grado alimenticio a la superficie de los alimentos para inhibir o para matar los microorganismos. La acción antimicrobiana se debe a la alteración en la superficie. La preocupación en el uso de químicos durante el proceso se debe al potencial de inducir resistencia a posibles patógenos. En caso de extenderse la resistencia, más microorganismos sobrevivirían y el proceso se haría meno efectivo. Otros aspectos negativos los tratamientos químicos a corto y largo plazo, es que pueden traer problemas a nivel de salud u ocupacional, seguridad en los trabajadores, (Smulders y Greer, 1998).

6.2.1 Cloro (Cl)

El cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria. Debido a su bajo costo, se ha utilizado ampliamente para desinfección de superficies en contacto con alimento. Las formas principales de cloro usados incluyen hipoclorito de sodio (NaClO), hipoclorito de calcio (Ca (ClO)₂), y cloro gaseoso (Cl₂). El hipoclorito de sodio es

comercializado frecuentemente en soluciones de 12 a 15%. El hipoclorito de calcio con frecuencia es vendido en polvo o en tabletas en formulaciones de 65%. Sin embargo, no se disuelve fácilmente (especialmente en agua fría) y las partículas sin disolver pueden dañar los frutos y vegetales. Para prevenir esto, primero se disuelve el polvo o los gránulos en una pequeña cantidad de agua tibia antes de adicionar al tanque. Si se usa tabletas para continua administración, de baja liberación de cloro, se debe asegurar que las tabletas sean colocadas donde el agua circule bien alrededor de ellas. El cloro gaseoso viene en cilindros de gas presurizado y se debería manejar cuidadosamente de acuerdo a las instrucciones de la etiqueta. Cuando el cloro se disuelve en agua se forma ácido hipocloroso y ácido clorhídrico estableciéndose un equilibrio entre las distintas sustancias (Garmendia et al, 2006).

6.2.1.1 Hipocloritos de sodio

El hipoclorito de sodio es una solución clara de ligero color amarillento y un olor característico. El hipoclorito de sodio tiene una densidad relativa de 1,1 (5.5% de solución acuosa) el uso doméstico normalmente contiene 5% de hipoclorito de sodio (con un pH de alrededor de 11, es irritante). Si está a mayor concentración, contiene un 10 a 15% de hipoclorito de sodio (con un pH alrededor de 13, se quema y es corrosivo) (Lenntech, 2013).

El hipoclorito de sodio es de amplio espectro con actividad germicida contra virus, bacterias ácido-alcohol resistentes y no acidas, esporas, hongos, algas y protozoos, al tiempo que presenta un riesgo ambiental mínimo. Sin embargo, la toxicidad del cloro para los microorganismos varía ampliamente, y depende de las condiciones del agua, la temperatura y las especies de organismo objetivo (King, 2001).

La actividad inhibitoria o letal depende de la cantidad de cloro libre en el agua que entra en contacto con las células microbiana. El hipoclorito de sodio rápidamente pierde actividad en contacto con la materia organica o exposición al aire, luz o metales. Los componentes del tejido de frutas y verduras pueden neutralizar el hipoclorito de sodio, reduciendo su efecto antimicrobiano (Zhang y Farber, 1996).

El ion hipoclorito es más estable que el ácido hipocloroso, pero resulta que el ion hipoclorito es también inestable. Las soluciones de hipoclorito comienzan a descomponerse gradualmente desde el inicio de su preparación hasta perder totalmente su concentración. Sin embargo, la tasa de descomposición puede ser controlada para extender su vida útil con propósitos prácticos y pueden prepararse soluciones relativamente estables (Guevara, 2000). Para las soluciones comerciales de hipoclorito, la estabilidad depende de cinco factores

- Concentración de la soluciones de hipoclorito
- Alcalinidad o valor de pH de la solución
- Temperatura de la solución tanto durante la preparación como el almacenaje
- Concentración de impureza
- Exposición de la luz

Las soluciones de hipoclorito de baja concentración se descomponen más lentamente que las de alta concentración. El almacenamiento de las soluciones altamente concentradas, bajo condiciones adversas, causará que un determinado tiempo, su concentración sea más baja, que si se la prepara de baja concentración (Salvador, 1992).

La alcalinidad y el valor de pH tienen un efecto en la estabilidad de la solución de hipoclorito. Un valor de pH entre 9.5 y 10.5 dará soluciones más estables. Un exceso de álcali tiende a proteger a la solución de hipoclorito del efecto dañino de la luz. No existe evidencia que exceso de alcalinidad mayor a 0.5% como hidróxido de sodio, tenga efecto benéfico en la estabilidad de las soluciones de hipoclorito, más aun, el exceso de alcalinidad tiende a descomponer al hipoclorito y causa la precipitación gradual de algunas impurezas (Salvador, 1992).

La temperatura influye en la estabilidad de las soluciones de hipoclorito tanto durante el proceso de fabricación como de almacenaje. Para la producción de una solución de hipoclorito de baja concentración, la temperatura nunca deberá exceder de 30 °C, de otra parte, las temperaturas bajas también contribuyen a la estabilidad de las soluciones del desinfectante, casi todas las sales metálicas y óxidos son catalizadores de la descomposición de las soluciones de hipoclorito, se estima que en orden descendente los más energéticos son los óxidos de: níquel, cobalto, cobre, hierro,

manganeso, mercurio, aluminio, plomo, cinc, estaño, magnesio y bario. Concentraciones de hierro de 0.5 mg/L causan una rápida degradación (Guevara, 2000).

Ciertos aniones solubles; tales como, cloratos, cloruros, nitratos y carbonatos también afectan adversamente la estabilidad de las soluciones de hipoclorito; así también, los compuestos de amonio y amoniaco, la luz es un factor que acelera la descomposición de las soluciones de hipoclorito por lo que el envasado del desinfectante en envases de vidrio ámbar o verde reduce drásticamente su descomposición (Rojas, 2000).

EL efecto de soluciones de hipoclorito sobre microorganismos en la superficie de frutas y hortalizas está bien documentada (Garmendia et al, 2006). En general se utiliza en concentraciones entre 50 y 200 ppm durante 1 ó 2 minutos (FDA, 2002). Las máximas reducciones alcanzadas son de aproximadamente 2 log UFC/g, siendo en muchos casos similares a las alcanzadas por tratamiento con agua.

6.2.2 OZONO

El ozono es también oxígeno enriquecido (O_3) consta de tres átomos de oxígeno. Es inestable y se descompone con cierta facilidad en oxígeno normal (O_2) y oxígeno nascente, que es fuerte oxidante (O_2). Debido a esta característica, el ozono actúa con gran eficiencia como desinfectante y oxidante (Lisette, 2006).

El ozono es un gas ligeramente azul, de olor característico, es poco soluble en el agua y muy volátil. Dependiendo de las características del agua se mantiene disuelto en ésta sólo algunos minutos. Las dosis necesarias para desinfectar el agua varían según la calidad misma, así como la cantidad que se pierde de ozono por volatilización durante su aplicación (Rodríguez, 2003).

El ozono se produce cuando las moléculas de oxígeno (O_2) son disociadas por medio de una fuente de energía produciendo átomos de oxígeno que posteriormente chocan con una molécula de oxígeno para formar un gas inestable, el ozono (O_3) (EPA, 1986).

Se considera que el ozono es el desinfectante de mayor eficiencia microbiciada y requiere tiempos de contacto bastante cortos. Se ha demostrado que cuando el ozono es transferido al agua mediante un mezclador estático, se logran tasas de transferencia

a la fase acuosa bastante elevada y con ellos los microorganismos patógenos pueden ser destruidos en pocos segundos. La velocidad con que el ozono mata a los microorganismos es bastante mayor que la del cloro, debido a que, si bien ambos son oxidantes, el mecanismo de acción es diferente: el ozono mata a la bacteria por medio de la ruptura de la membrana celular. Este proceso, produce la dispersión del citoplasma celular en el agua y por consiguiente la muerte del microorganismo. En cambio, el cloro debe introducirse a través de la pared celular de la bacteria y difundirse dentro del citoplasma, acción que depende en alto grado del tiempo de contacto. Debido a su gran poder oxidante, el uso del ozono puede ser recomendable en el pretratamiento de aguas para la reducción de metales disueltos y la remoción de materia orgánica, lo que permite un ahorro en coagulantes y tiempos de retención, aunque este factor depende en gran medida de la calidad de agua, ya que el ozono reacciona con algunos compuestos y genera sustancias tóxicas, de este aspecto se hablará con mayor detalle más adelante. (Wang et al, 2008).

6.2.2.1 El ozono en la industria de los alimentos

En 1997 la U.S. Food and Drug Administration (FDA) reconoció al ozono como GRAS (Generally Recognized As Safe) para su utilización en contacto con alimentos. No obstante fue en 2001 cuando este organismo dio su fallo definitivo, y aprobó la normativa del uso de ozono como aditivo de alimentos, durante su procesamiento o almacenamiento. Sin embargo muchas industrias ya habían comenzado a investigar las aplicaciones de este gas, e incluso las habían puesto en práctica. Por esto, actualmente existen procesos de limpieza y desinfección, así como técnicas de conservación, en los más diversos sectores alimentarios que incluyen al ozono. (Parzanese, 2013).

El ozono ha demostrado ser muy eficaz en eliminar esporas de hongos presente en el agua de lavado de frutas, Smilanick et al, (1999) demostraron que un tiempo de contacto de 2 minutos en una solución de ozono de 1.5 µg/ml era capaz de eliminar entre el 95 y el 100% de esporas de varias especies fúngicas (*p. digitatum*, *P. italicum*, *P. expansum*, *Botrytis cinera*). Sin embargo esta efectividad podía disminuir en el caso de existir materia orgánica suspendida en el agua que redujera por reacción la concentración efectiva de ozono. Este mismo trabajo demuestra que las heridas de

citrus infectadas con esporas de patógenos no pueden ser curadas por un tratamiento de la fruta con ozono (12 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de ozono por 5 minutos a 20 °C) y que la disminución de la carga de *Botrys cinerea* en uvas inoculadas superficialmente y tratadas con 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de ozono por 1 a 4 minutos, era de alrededor del 50%. Sin embargo la disminución de la flora superficial de frutillas sumergidas por 2 minutos en 4 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de ozono fue de alrededor de 92% para bacterias y 91% para hongos. Otros trabajos como el de Kim et al (1999), demostraron una disminución de 2 órdenes en lechuga suspendida en agua ozonizada con 1.3 mM de ozono a un flujo de 0.5 L/min.

A sí mismo, Rego et al. (2002) inocularon 5 unidades log de *Xanthomonas campestris* tras 2 min y medio de exposición en agua ozonizada la cepa se eliminó totalmente. Sin embargo, si los tratamientos con agua ozonizada se realizan en productos vivos las reducciones son mucho menos importantes como observaron Kim et al. (1999) a una dosis de 1.3 mM (62.4 ppm) durante 3 y 5 min o Singh et al. (2002) a una concentración de 10 ppm durante 5 min en lechugas o Beltrán et al. (2003) en bastones de patata y rodajas de zanahoria con 3.7 ppm de ozono en agua durante 7.5 o 15 min. Normalmente, la inactivación aumenta con el tiempo de exposición.

El O_3 es un potente agente antimicrobiano capaz de destruir bacterias, esporas, protozoos, levaduras y virus a relativamente bajas concentraciones y en un tiempo corto de exposición cuando se aplica a suspensiones celulares puras (Kim et al., 1999). Pero la presencia de materia orgánica, es decir, cuando se desea inactivar los microorganismos presentes en un alimento se requieren mayores dosis de O_3 para eliminarlos, ya que los constituyentes orgánicos del alimento reaccionan fácilmente con el O_3 reduciendo su capacidad desinfectante. Cuando Kim et al. (1999) lavaron lechuga cortada inyectando 1.3 mM (62.4 ppm) de O_3 a 25°C y un flujo de 0.5 L \cdot min⁻¹ en una mezcla de agua en lechuga de (1:20 p/p) bajo elevada agitación durante 3 min, obtuvo una reducción de la flora natural de 1.2 log en los mesófilos y 1.8 log en psicrotrofos. La inactivación aumentó con el tiempo de exposición, tras 5 min las reducciones fueron de 3.9 y 4.6 ufc \cdot g⁻¹ para mesófilos y psicrotrofos respectivamente.

6.3 ÁCIDOS ORGÁNICOS

Los ácidos orgánicos son muy utilizados para prevenir el desarrollo microbiano en alimentos. Su uso se basa en lograr un bajo pH que impida la proliferación de microorganismos no deseados. Sin embargo, también tienen acción antimicrobiana por sí mismo. En este sentido son activos pH ácidos, en sus formas no ionizadas. En esta forma el ácido pasa a través de la membrana celular llegando al citoplasma. Debido a que el pH intracelular es cercano a la neutralidad, el ácido se disocia dentro de la célula, acidificando el interior celular causando efectos inhibidores de reacciones enzimáticas y sistemas de transporte (Foegeding y Busta, 1991).

Los ácidos orgánicos se han utilizados también como desinfectantes sobre alimentos. La eficiencia de los ácidos orgánicos como desinfectantes varía con el tipo de ácido y el microorganismo que se busca inhibir. Su aplicación puede tener efectos negativos en atributos sensoriales como el sabor y el aroma de los productos tratados (Garmendia, 2006).

6.3.1 Ácido láctico

El ácido láctico, ácido 2-hidroxiopropanoico, es un compuesto muy versátil utilizado en las industrias química, farmacéutica, de alimentos y del plástico. Fue descubierto en 1780 por el químico sueco Scheele, quien lo aisló de leche agria, fue reconocido como producto de fermentación por Blondeaur en 1847 y tan solo en 1881, Littlelon inicia la fermentación a escala industrial. El ácido láctico tiene un carbono asimétrico lo cual da lugar a actividad óptica. Existen dos isómeros ópticos, el D (-) láctico y L (+) láctico y una forma racémica constituida por fracciones equimolares de las formas L (+) y D(-). A diferencia del isómero D (-), la configuración L (+) es metabolizada por el organismo humano. Tanto las dos formas ópticamente activas como la forma racémica se encuentran en estado líquido, siendo incoloros y solubles en agua. En estado puro son sólidos altamente higroscópicos de punto de fusión bajo, el cual es difícil de determinar debido a la extrema dificultad de producirlo anhidro; es por esta razón que se manejan rangos de 18- 33°C (Suriderp, 1995; Parés y Juárez., 1997). Las propiedades fisicoquímicas del ácido láctico se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Propiedades físico-químicas del ácido láctico

Fórmula	C₃H₆O₃
Peso molecular	90,08
Índice de refracción	1,4414
Punto de fusión	L(+) y D(-) 52,8 a 54 °C
Punto de ebullición	125-140 °C
Gravedad específica	1206
Calor de combustión	3616 cal/g
Viscosidad	40,33 mNsm ⁻²
Densidad	1,249
Constante dieléctrica	22ε

Adaptado de Dean (1987).

El ácido láctico puede ser obtenido por vía química o biotecnológica. La producción química, está basada en la reacción de acetaldehído con ácido cianhídrico (HCN) para dar lactonitrilo, el cual puede ser hidrolizado a ácido láctico; otro tipo de reacción se basa en la reacción a alta presión de acetaldehído con monóxido de carbono y agua en presencia de ácido sulfúrico como catalizador. La síntesis química tiene la desventaja que el ácido láctico producido es una mezcla de D y L ácido láctico ópticamente inactivo (Chang et al., 1999; Datta et al., 1993; Lipinsky y Sinclair, 1986 y Litchfield, 1996) por lo cual, el 90% del ácido láctico producido en el mundo es elaborado por vía biotecnológica (Hofvendahl, K y Hagerdal, H. 2000). La estructura química del ácido láctico se muestra en la Figura 2.

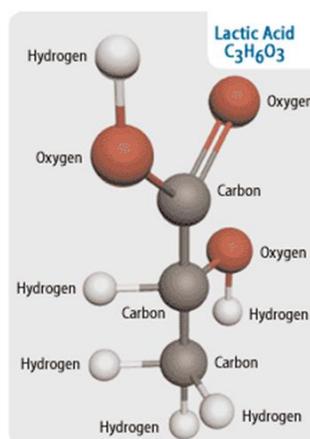


Figura 2. Estructura química del ácido láctico

Nogales, et al., 2012 demuestra efectividad del ácido láctico en el agua de lavado, donde se sometieron las fresas procesadas se envasaron en bandejas de polipropileno termoselladas utilizando atmósfera modificada pasiva, durante un período de almacenamiento de 8 días a 4°C se realizaron los análisis de los parámetros de calidad (sólidos solubles totales, pH, acidez, color y firmeza), atributos sensoriales y microbiológicos. Se concluyó que el uso de una concentración de ácido láctico de 3.0 g L⁻¹ en el agua de lavado era eficaz para reducir el recuento microbiano, manteniendo la calidad fisicoquímico y sensorial del producto durante el tiempo de almacenamiento.

Ramírez et al., 2009 demuestran efectividad del ácido láctico en el agua de lavado, donde el melón es sometido a 200 ppm de hipoclorito de sodio y 0.4 % de ácido láctico, de acuerdo al análisis estadístico, el melón presentó las mayores reducciones de microflora nativa en su superficie con las combinación binaria de 200 ppm de cloro y 4.0% de ácido láctico. Las reducciones máximas alcanzadas fueron de 4.2 ciclos logarítmicos para mesófilos aerobios y de 5.8 para microorganismos coliformes totales.

7.0 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 FASE EXPERIMENTAL

7.2 MATERIA VEGETAL

Melones Cantaloupe (*Cucumis melo* L.) se adquirieron en el mercado de Texcoco Estado de México. El tamaño de los frutos fue uniforme ajustándose a una clasificación de 15 por caja. Se utilizaron 12 melones por tratamiento los cuales se lavaron con agua purificada de la marca Chapingo en el Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo donde se llevó a cabo el experimento.

7.3 TRATAMIENTOS EVALUADOS

Se probaron tres diferentes desinfectantes (ácido láctico, hipoclorito de sodio y ozono) para eliminar la contaminación de la superficie de los melones la mayor cantidad de microorganismos posibles, también se usó un testigo como referencia para cada desinfectante, que consistió en una unidad (melón), al que solo se aplicó agua para lavarlo durante 3,6 y 8 minutos. Los desinfectantes evaluados fueron: ácido láctico, producto comercial con 85% de pureza (Figura 3), a partir de esta concentración inicial

se preparó una concentración al 0.5 % a un pH 2.9. Tomando como referencia a las investigaciones de Ramírez et al., 2009.

Hipoclorito de sodio comercial con una concentración de 5.25% a partir de esta concentración inicial se preparó una concentración a 100 ppm a un pH de 6.9. Para su manipulación se siguieron todas las advertencias de la ficha de seguridad. Tomado como referencia a la FDA, 2001.

Por último el Ozono para la utilización de este desinfectante se utilizó con flujo ($180 \text{ mg O}_3 \text{ hr}^{-1}$), el ozono se obtuvo mediante un generador comercial de la marca BIOZON modelo K-20 (país de origen), cuya ficha técnica se muestra en el Cuadro 3. Adaptado de la norma Europea UNE-1278, 2010.

Las diferentes concentraciones fueron diluidas en 3 litros de agua purificada marca Chapingo para los tratamientos de los melones. Se probaron a tres diferentes tiempos de contacto 3, 6 y 8 minutos.



Figura 3. Forma comercial de ácido láctico (85 %)

Cuadro 3. Ficha técnica del generador del ozono

Capacidad	20 litros
Voltaje	127 Vca
Consumo	18 W
Frecuencia	60 Hz
Peso	850 mg
Dimensiones	28X 15 X 8 cm
Producción de O₃	180 mg/h
Color	Blanco
Material	ABS de alto impacto ignifugo

Biozon 2000.

7.4 APLICACIÓN DE DESINFECTANTES

Una vez que los frutos de melón se lavaron con agua purificada marca chapingo, se dejaron escurrir durante 1 minuto para tratamiento posterior, se realizó tratamiento por inmersión.

Para los tratamientos con ácido láctico 0.5 % e Hipoclorito de sodio 100 ppm el fruto de melón se introdujo en un recipiente de plástico de 5L de capacidad con 3 litros de solución acuosa con su respectiva concentración de desinfectante. Evaluados durante 3, 6, 8 min.

Para el ozonizado el fruto de melón se introdujo en recipiente de vidrio con capacidad de 7 L con 3 litro de solución acuosa donde se realizó el burbujeo del ozonizado. Evaluado durante 3, 6, 8 min, todos los tratamientos se repitieron tres veces.

A medida que los melones eran tratados con las concentraciones establecidas, se renovaba el agua para las diferentes repeticiones. Al finalizar cada tratamiento, los frutos se escurrieron durante 1 minuto.

Para tener una idea de la carga microbiológica de la superficie del melón se hizo un recuento total de microorganismos, presencia o ausencia Bacterias mesofilas aerobias y coliformes totales.

7.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

La recuperación de células bacterianas se hizo de la siguiente manera: El análisis microbiológico se efectuó de acuerdo a la metodología del profesor Qfb. Adalberto Gómez Cruz que pertenece al departamento de investigación en agroindustrias, se corto 25 gr de la cascara del melón, se le adiciono 225 ml de agua purificada esterilizada (el agua se esterilizo en húmedo 121 °C durante 15 min), se homogenizó en una licuadora con vaso de aluminio (OSTER- 52G084) previamente esterilizada en seco (110 °C 3 h⁻¹). Se tomó 1 ml de la muestra homogenizada con pipeta esterilizada se vació en tubo de cultivo con tapón de baquelita (20 x 150 mm. KIMAX 9825) esterilizada, con 9 mL de agua purificada esterilizada obteniendo la dilución (10⁻¹), se efectuó sucesivamente el mismo procedimiento para cada tratamiento hasta obtener la dilución de (10⁻⁴). Por cada tratamiento se obtuvieron 4 primeras diluciones. Las

diluciones que se consideraron para el análisis microbiológico fueron (Cuadro 3), 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , la siembra se efectuó en cajas de Petri estériles desechables por triplicado.

Cuadro 4 Diluciones consideradas para los análisis microbiológicos

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	DILUCIONES PARA LA SIEMBRA
TES	3	$1^{-2} - 1^{-4}$
O ₃	3	$1^{-2} - 1^{-4}$
NaClO _{100 ppm}	3	$1^{-2} - 1^{-4}$
C ₃ H ₆ O _{3 0.5%}	3	$1^{-2} - 1^{-4}$

*TEST (testigo sin tratamiento) *O₃ (Tratamiento de ozonizado) * NaClO_{100ppm} (Tratamiento con hipoclorito de sodio) * C₃H₆O_{3 0.5%} (Tratamiento con ácido láctico).

7.6 PRESENCIA O AUSENCIA DE AEROBIOS MESOFILOS Y COLIFORMES TOTALES

De las diluciones consideradas para análisis se tomó 1 mL de muestra por tubo de dilución, inmediatamente se transfirió en cajas de Petri estériles desechables inmediatamente se vació el medio Agar nutritivo (BD Bioxon®) para la siembra de bacterias mesófilas aerobias (BMA) y en cajas Petri estériles desechables con medio Agar bilis violeta (RBV) para el caso de coliformes totales, La siembra en placa se realizó por triplicado para cada dilución considerada. La técnica de siembra que se empleó fue vaciado en placa. Posteriormente las cajas de Petri sembradas se incubaron en una estufa de crecimiento microbiano ajustando una temperatura para BMA se incubaron a 37 °C durante 48 h y para coliformes totales se incubaron 37°C durante 24 h. culminando el tiempo establecido de incubación se realizó en conteo en placa, para el conteo se realizó en un cuenta colonia (Q-20) para el conteo de BMA se realizó de acuerdo a la norma NOM-092-SSA1 (1994) y para Coliformes totales NOM-113-SSA1 (1994).

CALCULO PARA LA REDUCCIÓN BACTERIANA

La Reducción bacteriana se calculó a partir de la recuperación de células después de los tratamientos BMA y coliformes totales (Figura 3 y 4). Aplicando la siguiente fórmula: Reducción bacteriana fue calculada como la diferencia que existe antes del tratamiento y después del tratamiento. (Graves, 1998).

Reducción = (log₁₀ UFC/g antes de tratamiento) – (log₁₀ UFC/g después de tratamiento).

7.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los resultados, de los datos de recuento bacteriano se hizo en Unidades Formadoras de colonia por gramo (U.F.C/ g); a estos valores se calculo logaritmo base diez.

Se usó diseño experimental completamente al azar, con 3 repeticiones por cada tratamiento

Los gráficos de los resultados del experimento se realizaron en el programa Sigmaplot versión 11.0

El análisis estadístico de los datos se evaluó aplicando un análisis de Varianza ANOVA mediante el programa Statistica for Windows, y pruebas medias de Fisher, con un nivel de significancia (α) de 0.05

8 RESULTADOS Y DISCUSIONES

8.1 Parámetros microbiológicos

8.2 Bacterias mesófilas aerobias (BMA)

Las bacterias mesófilas aerobias presentaron reducciones máximas con hipoclorito de sodio (NaClO) y ozono (O₃) a partir del minuto 6. El mejor efecto fue para el hipoclorito de sodio a 100 ppm con una reducción de máxima alcanzada de 4.61 log₁₀ durante el minuto 8.

EL efecto de soluciones de hipoclorito sobre microorganismos en la superficie de frutas y hortalizas está bien documentado Garmendia et al., (2006). En general el hipoclorito de sodio se utiliza en concentraciones entre 50 y 200 ppm durante 1 o 2 minutos. Las máximas reducciones alcanzadas son de aproximadamente 2 log UFC/g. (FDA, 2002) Sin embargo Barak et al., 2003 indica que melones desinfectados con soluciones de 150 ppm de hipoclorito de sodio redujo el 90% de la carga inicial de las bacterias en la superficie de melón. Sin embargo en esta investigación se tuvo una reducción máxima de 4.61 log₁₀ UFC/g esto corresponde al 99.99% de reducción bacteriana (el porcentaje fue calculado de acuerdo al autor Sapers, (2001)) con tan solo 100 ppm de hipoclorito de sodio.

Sin embargo existen trabajos que demuestran reducciones mayores, tales como el de Wu et al., (2000) documenta la reducción de 7 log UFC/g en la carga de *Shigella sonnei* sobre hojas enteras de perejil por inmersión en solución de 250 ppm de cloro libre durante 5 minutos. Estas diferencias pueden deberse al tiempo prolongado y a la concentración por el cual se expone el melón, que para esta investigación se propuso 3, 6, y 8 min y de una concentración de 100 ppm de exposición.

Cabe mencionar que entre los factores que limitan la eficiencia de los tratamiento sanitizantes están la adherencia bacteriana a la superficie del producto, la presencia de bacterias en sitios inaccesibles, la formación de biofilms resistentes y la internalización de microorganismos en el producto (Saltveit, 2001).

Por otra parte, los mejores resultados de ozonizado en cuanto a reducción de población de BMA se presentó a partir del minuto 6 y 8 del ozonizado del melón. Se obtuvo reducciones máximas de 2.77 log₁₀ UFC/g y 4.49 log₁₀ UFC/g. (Cuadro 4) a mayor tiempo de ozonizado se incrementó la reducción bacteriana. Esto concuerda con las diferentes investigaciones de Kim et al. (1999) lavaron lechuga cortada con agua ozonizada con una elevada agitación durante 3 min, obtuvo una reducción de la flora natural de 1.2 log en los mesófilos. La inactivación aumentó con el tiempo de exposición, tras 5 min las reducciones fueron de 4.6 Log ufc·g⁻¹ para mesófilos respectivamente. Se obtuvo una reducción del 99.99% en el recuento total por este método en coles chinas.

Frisón et al (2013) reporta que en la ozonización para lechuga se obtuvo una reducción porcentual de 99,90% lo que indicó una reducción de 3 log, para mesofilos aerobios una eficiencia 99,99 % y para el lavado de naranjas tuvo una eficiencia de 99,99 % con (reducción de 4 log) para mesofilos aerobios a partir del minuto 5.

(Ballater *et al.* 2010; Galindo y Lissette, 2006; Pérez, 2005) reportan que el ozono mata a la bacteria por medio de la ruptura de la membrana celular (lisis celular), esta acción comienza la destrucción de la capacidad de la célula de funcionar, liberando peróxidos, que son también desinfectantes, todo esto conduce a la dispersión del citoplasma y por consiguiente a la muerte del microorganismo.

(Aguayo *et al.*, 2005; Garmendia y Vero, 2006) coinciden en que cuando se desea inactivar los microorganismos presentes en un alimento se deben utilizar dosis altas y tiempo largo de ozono para eliminarlos ya que los constituyentes orgánicos del alimento y el medio reaccionan fácilmente con el ozono reduciendo su capacidad sanitizante (Aunque un exceso de ozono, puede ocasionar daños en los tejidos del producto con algún deterioro o pérdida de calidad. Por lo que la aplicación adecuada del ozono es una alternativa de tratamiento sustentable en la poscosecha de frutas y hortalizas. Sin embargo, se recomienda realizar un estudio previo de las condiciones de tratamiento para cada producto (Bataller *et al.*, 2010).

La BMA no presentaron reducciones en la poblaciones con el tratamiento con ácido láctico 0.5 % la máxima reducción fue de 0.33 log₁₀ UFC/g en el minuto 8 (Cuadro 4).

Esto no resultó muy significativo para la desinfección del melón para la reducción de bacterias mesofilas aerobias. Concuerda con el trabajo realizado por Sánchez et al., (2013) donde utilizo naranja, mandarina y limón a diferentes concentraciones (2,5%, 5%, 7,5% Y 10%) con un tiempo de 10min donde sus resultados muestran que el tratamiento a diferentes concentración no tuvo una acción inhibidora sobre las bacterias es decir no hubo reducción bacteriana para el ácido láctico.

El ácido láctico es buen desinfectante sin embargo fue el que menos rendimientos obtuvo para la reducción microbiana, lo cual hace que bajo estas condiciones de tratamientos el producto no es aceptable para ser usado como desinfectante seguro en el melón.

De acuerdo a lo anterior, se puede ver que al aumentar el tiempo o incluso la concentración de los tratamientos, ocurre una reducción microbiológica en el lavado del melón cantaloupe. El tratamiento oportuno con agentes sanitizantes en dosis o concentraciones y tiempos de acción especificados eliminan en gran medida la presencia de los microorganismos patógenos y no patógenos. .

Cuadro 5. Reducciones microbianas de Bacterias mesófilas aerobias causadas por diferentes sanitizantes, aplicados por distintos tiempos de tratamiento en la superficie de melón cantaloupe

Bacterias Mesófilas aerobias		
Tratamientos	Tiempo(min)	Log₁₀ UFC/g
O₃	3	0.32
	6	2.77
	8	4.49
NaClO_{100 ppm}	3	2.92
	6	4.59
	8	4.61
C₃H₆O₃ 0.5%	3	0.27
	6	0.33
	8	0.32

O₃ (tratamiento de ozonizado); *NaClO_{100 ppm} (tratamiento con hipoclorito de sodio a 100 ppm); *C₃H₆O₃ 0.5% (tratamiento con ácido láctico a 0.5 %).

En la figura 4. Se observa claramente la reducción de las poblaciones de BMA en los diferentes tratamientos evaluados con respecto a los testigos. A mayor tiempo de contacto de los sanitizantes con el melón, se observa un mayor efecto antimicrobiano. Los tratamientos como el hipoclorito 100 ppm y el ozonizado durante 8 min redujeron las poblaciones BMA.

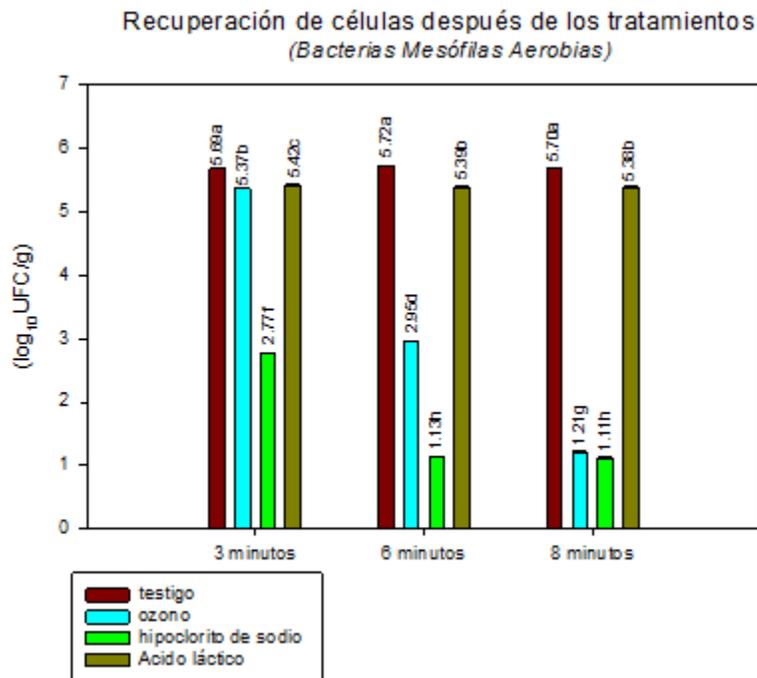


Figura 4 recuperación de células después de los tratamientos (mesófilos aerobios) bajo diferentes concentraciones y los 3 tiempos por medio del análisis de varianza ANOVA, con una significancia del 0.074 ($p < 0.05$). Las medias seguidas con la misma letra estadísticamente son iguales (prueba Fisher al 5 % de significancia).

Test = Testigo (sin aplicación de tratamientos)

Ozono 180 g/h

Hipoclorito de sodio 100 ppm

Ácido láctico 0.5 %

8.3 Coliformes totales

Como se muestra en el Cuadro 5, al igual que para mesófilos aerobios se observó que el efecto de los diferentes tratamientos tuvo una reducción microbiana en la superficie del melón cantaloupe después de cada tratamiento. En el grupo de coliformes totales el ozono fue el más efectivo la reducción máxima alcanzada fue de 4.15 \log_{10} UFC/g,

Estos resultados concuerda con Restaino et al. (1995) reporta reducciones máximas 4.5 log en 5 min en el ozonizado del melón, Kim y Yousef (2000) reportaron reducciones máximas de 0.9 log en 30 segundos, mientras que la incrementar el tiempo y la concentración lograron reducciones máximas a 5 log para el lavado de lechugas con agua ozonizada, para coliformes totales.

efectivamente el O₃ puede ser menos efectivo frente a las bacterias mesófilas aerobias cuando éstos son inoculados o se encuentran refugiados en heridas ya que la aplicación de ozono puede reducir significativamente la flora microbiana actuando principalmente en la superficie de los alimentos (Anderson et al., 2000).

Por lo tanto el hipoclorito de sodio a 100 ppm tuvo una reducción máxima de 4.07 log₁₀ UFC/g. como podemos ver en las investigaciones de Pao y Davis (1999) demostraron una reducción de 4 Log UFC/cm² para coliformes totales en la superficie de la naranjas en una inmersión de hipoclorito de sodio con una concentración de 169 ppm duante 8 min, esto puede deberse al tipo de microorganismos y a la cantidad de carga inicial.

Para el ácido láctico la reducción bacteriana fue de 3.56 log₁₀UFC/g en esta investigación es parecido a lo que realizó López et al., (2002) indica que con soluciones de 2000 ppm de ácido láctico redujo el 99.9% esto corresponde a 3 log UFC de la carga inicial de coliformes totales durante 5 minutos. Los ácidos orgánicos como el ácido láctico han sido descritos como fuertes agentes antimicrobianos debido a la reducción del pH, la permeabilidad de la membrana y la acumulación de aniones (Parish et al., 2003, Ramos et al., 2013). Se pueden observar que los microorganismos gram- negativos son los más sensibles al ácido láctico comparado con las bacterias mesofilas aerobias que no tuvo ninguna reducción bacteriana.

Cuadro 6. Eficacia de Reducciones microbianas de coliformes totales causadas por diferentes sanitizantes, aplicados por distintos tiempos de tratamiento en la superficie de melòn cantaloupe

Tratamientos	Coliformes totales	
	Tiempo(min)	Log ₁₀ UFC/g
(O₃)	3	0.28
	6	4.1
	8	4.15
100 ppm (NaClO)	3	3.95
	6	4.0
	8	4.07
0.5 % (C₃H₆O₃)	3	2.79
	6	2.77
	8	3.56

*O₃ (tratamiento de ozonizado); *NaClO(tratamiento con hipoclorito de sodio a 100 ppm); *C₃H₆O₃ (tratamiento con ácido láctico a 0.5 %).

En la figura 5. Se observa claramente la reducción de las poblaciones de BMA en los diferentes tratamientos evaluados con respecto a los testigos. A mayor tiempo de contacto de los sanitizantes con el melón, se observa un mayor efecto antimicrobiano. Los tratamientos como el hipoclorito 100 ppm, 0.5 % ácido láctico y el ozonizado durante 8 mins redujeron las poblaciones BMA.

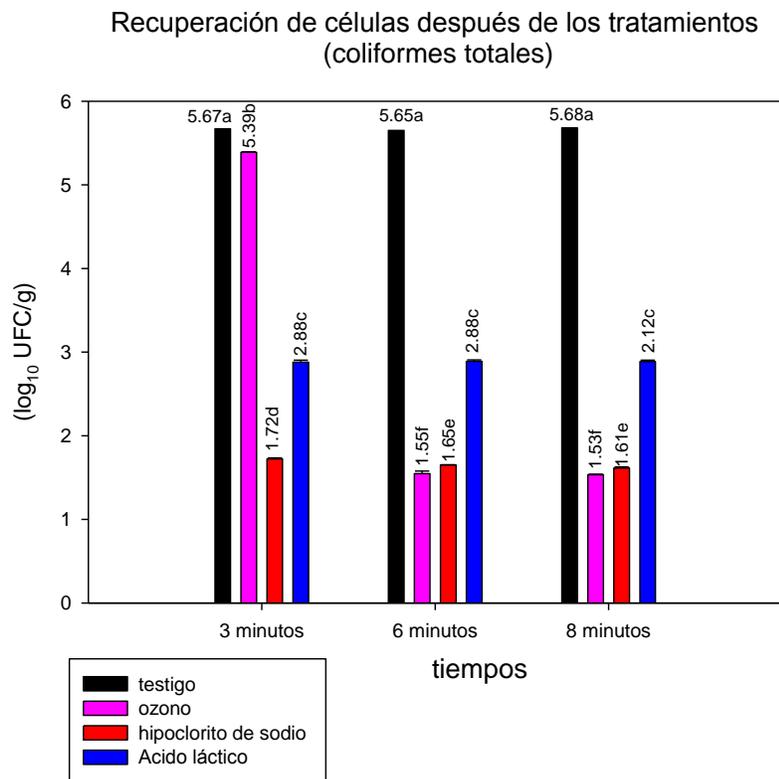


Figura 5 Recuperación de células después de los tratamientos (coliformes totales) bajo diferentes concentraciones y los 3 tiempos por medio del análisis de varianza ANOVA, con una significancia del 0.074 ($p < 0.05$). Las medias seguidas con la misma letra estadísticamente son iguales (prueba Fisher al 5 % de significancia).

Test = Testigo (sin aplicación de tratamientos)

Ozono 180 g/h

Hipoclorito de sodio 100 ppm

Ácido láctico 0.5 %

La aplicación de sistemas de desinfección han sido extensamente estudiadas en las reducciones de bacterias en la superficie del melón cantaloupe. Muchos de estos sistemas han probado ser efectivos en el mejoramiento microbiológico y calidad de los alimentos.

Teniendo en cuenta la reducción de coliformes totales y BMA en esta investigación, se recomienda la implementación de hipoclorito de sodio y ozono como tratamientos seguros para la desinfección del melón cantaloupe. Por consiguiente, se recomienda para el ácido láctico realizar más pruebas, aumentando la dosis del desinfectante no sobrepase los niveles permitidos para dichos químicos.

Antes de implementar algún sistema de desinfección se debe asegurar que este no produzca ningún efecto sobre las características organolépticas o efectos adversos en la salud de los consumidores, después debe ser validado para asegurar su funcionamiento bajo las condiciones de procesos de cada planta de beneficio o procesadora de alimento.

9. CONCLUSIÓN

- De los tratamientos evaluados para la desinfección de la superficie del melón, el hipoclorito de sodio resultó ser eficaz para la reducción de BMA ($4.61 \log_{10}$ UFC/g) mientras que el ozono resultó ser eficaz para la reducción de coliformes totales ($4.15 \log_{10}$ UFC/g) esto ocurrió en el minuto 8 para ambos tratamientos.
- El ácido láctico no resultó ser eficaz para la reducción de BMA. Mientras que para coliformes totales si tuvo una reducción de máxima de $3.56 \log_{10}$ UFC/g esto fue menor a los demás tratamientos.
- Para la desinfección de la superficie del melón el ozono el hipoclorito de sodio y el ácido láctico fueron más eficaz para la reducción de coliformes totales mientras que para las BMA solo el ozono y el hipoclorito de sodio fueron efectivo para la reducción de microorganismos, debido a las características específicas de cada microorganismo es la eficiencia de cada zanitizantes.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Aguayo, Encarna; Escalona, Víctor H.; Gómez, Perla; Artés-Hernández, Francisco y Artés-Calero, Francisco. 2007. Técnicas emergentes y sostenibles para la desinfección de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. 17º Symposium Internacional. Tecnologías y Sanidad de las Frutas y Hortalizas en Postcosecha. Phytoma. 189:138-142.
2. Anderson, J., S. Stenzel; K. Smith, B. Labus, P. Rowley, S. Shoenfeld, L. Gaul, A. Ellis, M. Fyfe, H. Bangura, J. Varma, and J. Painter. (2002). "Multistate Outbreaks of Salmonella Serotype Poona Infections Associated with Eating Cantaloupe from Mexico-United States and Canada. 51(46):1044-1047.
3. Artés, F. y Artés-Hdez., F. (2009). Innovaciones industriales en el procesado mínimo de frutas y hortalizas. CTC. 7, 29-33.
4. Artés, F. (1995). Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad hortofrutícola en la postrecolección. III. Tratamientos gaseosos. Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Alim., 35 (3), 247-269.
5. Aserca, (2000). El Melón Mexicano; Ejemplo de Tecnología Aplicada. Revista Claridades Agropecuarias # 84. México, D.F.
6. Barak, C.J., Chue, B. Y Mills, D. (2003). Recovery and sanitation of Surface bacteria on cantaloupes Journal of Food Protection. 66(10):1805-1810.
7. Bataller-Venta, Mayra; Santa Cruz-Broche, Sandra; García-Pérez, Mario A. 2010. El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, vol. 41, núm. 3. pp. 155-164 Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Cuba. Ciudad de La Habana, Cuba.
8. Beltrán, D., Periago, P.M. y Gil, M.I. (2003). El ozono como higienizante de productos vegetales frescos cortados. II Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Junio, 769-722.
9. Bermúdez A., Narváez M., Cadena I M., Ayala-Aponte A., 2011, reducción de pérdida de calidad de melón (*cucumis melo*) durante la congelación mediante aplicación previa de deshidratación osmótica. escuela de ingeniería de alimentos. universidad del valle, cali, colombia
[*alfredo.ayala@correounivalle.edu.co](mailto:alfredo.ayala@correounivalle.edu.co)

10. Beuchat, L., Farber, J., Garrer, E., Harris, L., Parish, M., Suslow, T. y Bsta, F. (2001). Standardization of a method to determine the efficacy of sanitizers in inactivating human pathogenic microorganisms on raw fruits and vegetables. *Journal of food. Protection.* 64; 1079-1084.
11. Beuchat, L.R. and J.H., Ruy (1997). Produce handling and processing practice. *Emerg. Infect. Dis.* 13:459-465.
12. Beuchat, L.R. (1996). Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. *Journal of Food Protection.* 59:204-216.
13. Beuchat, L. R. B. V. Nail, B. B Adler, and M. R. S. Calvero. (1998). Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes, and lettuce. *J. Food Prot.* 61:1305-1311.
14. Buenge, D., Ingham, S. (2003). Small plants intervention treatments to reduce bacteria o beef carcasses at slaughter. University of Wisconsin.
15. Calvin, L. (2003). Produce, Food Safety, and International Trade. In: *International Trade and Food Safety/AER-828.* ERS/USDA, Washington, D.C.
16. Campbell, J., Reporter, R., Abbott, S., Farrar, J., Brandl, ama., Mandrell, M. y Werner, S. (2001). An outbreak with fresh cilantro. *Journal of Infectious Disease.* 183:984-987.
17. Castro, E. (2003) principio de control microbiológico con oxidantes.
18. Castillo, A., Mercado, I., Lucia, M., Martínez-Ruiz, Y., Ponce de León, J., Murano, E., y Acuff, G. (2004). Salmonella contamination during production of cantaloupe: a binational study *Journal of Food Protection.* 67:713-720.
19. CFIA Canadian Food Inspection Agency (2002). "Import Requirements for Mexican Cantaloupe". November 4.
20. Cleantool. (2001). evaluación y diseño innovador de procesos de limpieza de superficies metálicas. <http://www.cleantool.org/?lang=es> consultado agosto/2015
21. Charoenrein, S., Siripanich, J. Udomrati, S. (2006). Effect of dehydrofreezing on quality of frozen pineapple. The 8th Agro-Industrial Conference; June 14-15, 2006; Bitec Bangna. Bangkok, Thailand.

22. Chang, D; Jung, H; Rhee, J y Pan, J. (1999). Homofermentative Production of D- or L-Lactate in Metabolically Engineered Escherichia coli RR1. *Applied and Environmental Microbiology* 65(4), 1384-1389
23. CISAN Consejo para la Información sobre Seguridad de Alimentos y Nutrición. (2011), Brotes de enfermedades transmitidas por alimentos.
24. Cutter, C. N., Siragusa, G. R. 1995. Application of chlorine to reduce populations of Escherichia coli on beef. *Journal of Food Safety*, 15 (1): 67-75.
25. Datta, R; Tsai, S.; Patrick, B; Moon, S y Frank, J. (1993). Technological and economic potential of poly lactic acid and lactic acid derivatives. *International Congress on Chemistry from Biotechnology*, Hannover, Germany. p 1-18
26. DOF (Diario Oficial de la Federación). (1993). Decreto de Promulgación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
27. Edwards, J.R. y Fung, D. (2006). Prevention and decontamination of Escherichia coli o157:h7 on raw beef carcasses in commercial beef abattoirs. *Journal of rapid methods and automation in microbiology*. 14 (1): 1-95.
28. Espinoza A., J.J. (1998). México-U.S.-Caribbean Nations Melon Trade: A Simulation Analysis of Economic Forces and Government Policies. Tesis de Doctorado, Texas A&M University, College Station, TX.
29. Fan, X., B. A. Niemira, C. J. Doona, F. E. Feeherry and R. B. Gravani. Editors. (2009). *Microbial safety of fresh produce*. Wiley-Blackwell. Oxford, UK. 446 p.
- Wiley, R. 1994. *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. Introduction to minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Chapman & Hall, New York, 4p.
30. FAO. (2007). Manual para el curso sobre procesamiento de frutas y hortalizas a pequeña en Perú. Aspectos microbiológicos.
31. FDA. 2001. *Methods to Reduce/Eliminate Pathogens from Fresh and Fresh-Cut Produce En: Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-Cut Produce*.
32. FDA Food and Drug Administration. (2002). "Import Alert IA220: Detention without Physical Examination if Cantaloupe from Mexico". October 28 2002.

33. FDA Food and Drug Administration. (1998). Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables. U.S. Food and Drug Administration. Fecha de consulta: 10/02/2005.
34. Foegedind, P.M. Y Bausta F.F. (1991). Chemical food Preservatives. En Block SS (ed). Disinfection, Sterization and Preservation Lea and Febiger. Philadelphia. p 802-832.
35. Frisón Laura *, Vissani Marcos, Ocampo Horacio, Ponisio Darío, Basílico Juan (2013). Efectos del agua ozonizada sobre microorganismos patógenos y alterantes de frutas y hortalizas. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 4 (1): 119-131. Enero-Junio
36. Garmendia, G, Vero S, (2006). métodos para la desinfección de frutas y hortalizas, catedral de Microbiología, Facultad de Química. 197:18-27.
37. Galindo R. Lissette S. 2006. Ozonoterapia, una opción para el sector agropecuario. Revista electrónica de veterinaria. Vol. 7 N° 10, pp. 1-16 Málaga España.
38. Graves, D., Sofos, J.N., Schmidt, G.R y Smith, G.C. 1998. Decontamination of Inoculated Beef with Sequential Spraying Treatments. Journal of food science, 63 (5): 1-4.
39. Gobierno de Veracruz (2004). Comercialización veracruzana, monografía del melón.
40. González T, Rojas R.(2005). Enfermedades transmitidas por alimentos y PCR: prevención y diagnóstico. Revista Salud Pub México.47: 388-90.
41. Gorny, J.R., Hess-Pierce, B. y Kader, A.A. (1998). Effects of fruit ripeness and storage temperature on the deterioration rate of fresh-cut peach and nectarine slices. HortScience, 33, 110-113.
42. Guevara Sixto, (2000). Estabilidad de la solución de hipoclorito de sodio producido in situ. ison of different chemical sanitizers for inactivating Escherichia coli 0157:h7 and Listeria monocytogenes in solution and on apples, lettuce, strawberries and cantaloupe. Journal of Food Protection. 67:721-731.
43. Han, y., Linton, R., Nelson, S. y Nelson, P. (2001). Resuction of *listeria monocytogenes* on Green peppers (*Capsicum annuum* L) by gaseous and

aqueous chlorine dioxide and water washing and its growth at 7oc. journal of Food Protection 64:1730-1738

44. Hofvendahl, K y Hagerdal, H. (2000). Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources. *Enzyme and Microbial Technology* 26, 87-107.
45. Huffman, R.D. (2002). Current and future Technologies for the decontamination of carcasses and fresh meat. *Revista Meat Science*, 62 (3): 285-294.
46. Hugas, M. & Tsigarida, E. (2008). Pros and cons of carcass decontamination: the roole of the European food afety authority. *Meat Science*. 78: 43-52.
47. IFPA. (2003). Guía de seguridad alimentaria para la industria de productos vegetales frescos cortados. En Gil, M., y Gorny, J. (Eds.), *Asociación Internacionnal de productores de vegetales Frescos Cortados*. 251. Virginia, EE. UU. 251 p.
48. IFT. (Institute of food Technologists). 2000. Expert report on merging microbiological food safety issues. Implications for contro in the 21 st century. Fecha de consutla 28/03/2005.
49. Ifoagro. (2011), "Cultivo del melón" *Revista Claridades Agropecuarias*
50. Izumi H. (1999). Eletrolyzed wáter as a disinfectant for freshcut vegetables. *Journal of Food Sience and Technology*. 64:536-539.
51. Johnston, L., Jaykus, L., Moll, D., Martinez, M., Ancisom J., Mora, B. y Moe, C, (2005). A field study of the microbiological quality of fresh produce. *Journal of food protection*. 68:1840-1847
52. Kader, A.A. (2002). Modified atmospheres during transport and storage. En: *Postharvest technology of horticultural crops*. Third edition. Pub 3311. University of California, pp. 135-144.
53. Kader, A.A. (1986). Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.*, 40, 99-100; 102-104.
54. Khars, (1995). *Rev. sci. tech. Off. int. Ep,14 (1)*, 143-163 Principios generales de la desinfección R.F. KAHRS

55. Kim, D.M., Smith, N.L. y Lee, C.Y. (1993). Apple cultivar variations in response to heat treatment and minimal processing. *J. Food Sci*, 58, (5),1111-1114, 1124-1125.
56. Kim H. y Beuchat, L. (2005). Survival and growth of *Enterobacter sakazaki* on fresh-cut fruits and vegetables and in unpasteurized juices as affected by storage temperature. *Journal of food Protection*. 68:2541-2552
57. Kim J.G.; Yousef A.E; Chism G.W. (1999). Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. *Journal Food Safety* 19(1): 17-34.
58. Kim, J.G. and Yousef, A.E. (2000). Inactivation kinetics of foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. *Journal of Food Science*. 65(3):521-528.
59. King K. R. 2001. The Presence of Bacterial Pathogens in Recirculating Aquaculture System Biofilms and Their Response to Various Sanitizers, Doctor of Philosophy in Food Science and Technology, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia.
60. King, A.D.Jr, Magnuson, J.A., Torok, T. y Goodman, N. (1991). Microflora and storage quality of partially processed lettuce. *J. Food Sci.*, 56, 459-461.
61. Lenntech. 2013 a. Paracetic Acid as a Disinfectant. <http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/quimica/desinfectantes-acido-paracetico.htm>. Consultado 05 Febrero 2013.
62. Lage F. A. (1998). Operaciones de Preparación de Materia prima, limpieza en seco y húmedo. <http://html.operaciones-de-preparacion-de-las-materias-primas.html>. Consultado Diciembre 2014.
63. Lipinsky, E; Sinclair, R. (1986). Is lactic acid a commodity chem *Chemical Engineering* 82, 26-32.
64. Lissette, R. G. (2006). Ozonoterapia, una opción para el sector agropecuario. *Revista Electronica de Veterinaria REDVET* ISSN 1695-7504. Vol. 7 N° 10, pp. 1-16 Málaga España.
65. Litchfield, J. (1996). Microbial production of lactic acid. *Applied Microbiology*. 42, 45-95.
66. Málaga, J. (1997). Effects of NAFTA on the U.S. and Mexican Fresh Vegetable Industries and Trade. Ph.D. Dissertation. Texas A&M University.

67. Maroto, B., J. V. (1989). Horticultura Herbácea y Especial. Ediciones Mundi Prensa. Tercera Edición. Revisada y Ampliada. Impreso en España.
68. Moleyar, V. y Narasimham, P. (1994). Modified atmosphere packaging of vegetables: an appraisal. J. Food Sci. Technol., 31, (4), 267-278.
69. NACMCF National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Food, (1999). Microbial safety evaluations and recommendation on fresh produce. Journal of Food Control. 10:117-143.
70. Nguyen- the, C. y Carlin, F, (1994). The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. Critical Reviews IN Food Science Nutrition. 34:371-401.
71. Nogales-Delgado, A.M. Fernández-León, J. Delgado-Adámez, T. Hernández-Méndez, D. 2012. Efecto de diferentes tratamientos higienizantes sobre parámetros de calidad y microbiológicos en fresa mínimamente procesada Instituto Tecnológico Agroalimentario (INTAEX).
72. Nova Ágora, S.L (2013). Manejo del ambiente de posrecolección del melón Frutas y Hortalizas.
73. NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Diario Oficial de la Federación. México D.F.
74. NOM-113-SSA1-1994. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Diario Oficial de la Federación. México D.F.
75. Pao, S; Davis, CL. (1999) Enhancing microbiological safety of fresh orange juice by fruit immersion in hot water and chemical sanitizers. Journal Food Protection 62: 756-760
76. Paredes, G. C. (2000). Algunos cultivares de melón (*Cucumis melo L.*) en México. Monografía. UAAAN. Saltillo, Coah., México.
77. Parnell, T. L., Harris, L. J. Y Suslow, T. V. (2005). Reducing Salmonella on cantaloupes and honeydew melons using wash practices applicable to postharvest handling, foodservice, and consumer preparation. International Journal of Food Microbiology. 99(1):59-70.

78. Pares, R y Juárez, A. (1997). Bioquímica de los microorganismos. Reverté S.A : Barcelona, España
79. Parzanese Magali (2013), Tecnologías para la Industria Alimentaria: Ozono en Alimentos.
80. Pearsons, D.B. 1983. Manual para educaciones agropecuarias cucurbitáceas, área de produccion vegetal. S.e.P. ed Trillas. México. Pp 16,23 y 48.
81. Philips, C. (1996). Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbial quality and safety of produce. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 31, 463-479.
82. Plank, R. (2005). El empleo del frío en la industria de la alimentación. Barcelona, España Editorial Reverté. Vol 22, No 30 (2013), *Revista Alimentos Hoy* -28
83. Pérez C, M., 2005. "Ozono: la alternativa a los agentes quimicos en la desinfección de cámaras frigoríficas", *Revista de Toxicología* (órgano oficial de la Asociación Española de Toxicología), 22(2), 109. Septiembre.
84. Portela, S., Nie, X., Suslow, T. y Cantwell, M. (1997). Changes in sensory quality and fermentative volatile concentrations of minimally processed cantaloupe stored in controlled atmosphere. En: Gorny, J.R. editor. *Proc 7th Int. Controlled Atmosphere Research Conf.* July, 13-18. Davis, Calif. Postharvest Outreach Program, Univ of California, Davis, Calif. *Postharvest Hort. Series N° 19*, vol. 5, 123-129.
85. Ramírez-Sucre, López-Malo A Y E. Palou- García- (2009), Eficacia de Diversos Agentes desinfectantes en la sanitización de hortalizas frescas, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas Puebla.
86. Rego, P., Vendrell, M.C., García, F.J., Gallardo, C.S., González, J.A., Gallego, A.R. y Rodríguez, L.A. (2002). Estudio de la cinética de muerte con tratamientos de ozono a microorganismos patógenos típicos de hortalizas. *Alimentaria*, 3, 125-128.
87. Restaino, L., Frampton, E.W., Hemphill, J.B. y Palnikar, P. (1995). Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.*, 61,9,3471-3475.

88. Ritenour, M.A; Sargent, S.A; Bartz, J.A y Lon Kan, E.E. 2007. Uso de cloro en las líneas de empaque de productos cosechados frescos. Departamento de Horticultural Ciencias, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IUFAS). USA. 6p.
89. Rojas Vargas Ricardo, (2000). Estabilidad de la solución de hipoclorito de sodio producido in situ. Comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* 0157:h7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries and cantaloupe. *Journal of Food Protection*. 67:721-731.
90. Rodgers, S., Cash, J., Siddiqui, M. y Ryser, E. 2004.
91. Rodríguez F.J. 2003. Procesos de potabilización del agua influencia del tratamiento de ozonización.
92. Sapers, M. G. 2001. Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetable products. *Food Technol. Biotechnol.*39 (4): 305-311.
93. SAGARPA-Laguna Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación. (2008). Delegación Federal en la Comarca Lagunera. Anuarios Estadísticos 1980-2007.
94. Salvador, R. (1992). Estabilidad del hipoclorito de sodio. *Agua: tecnología y tratamiento ambiental*; 15 (7): p. 36-7.
95. Saltveit, M.E. (2001). Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetable products. *Food Technology and Biotechnology*. 39(4):305-311
96. Sastry, S. K, Datta, A. K. Worobo, R. W. (2000). Ultraviolet light. *Journal of Food Science Supplement* 65:90.
97. Secretaria de Salud. (2002). sistema Nacional de Información en Salud.
98. Smulders, F. J., & Greer, G. G. 1998. Integrating microbial decontamination with organic acids in HACCP programmers for muscle foods: Prospects and controversies. *International Journal of Food Microbiology*, 44 (3): 149–169.
99. Smilanick, J.L. Crisosto, C Mlikota. F 1999. Postharvest use of ozone on fresh fruit. *Perishables Handling Quarterly Issue*. 99:10-14

100. SIAP Servicio de Información Y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SAGARPA. (2008). Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola. México, D.F.
101. Singh, N., Singh, R.K., Bhunia, A.K. y Stroshine, R.L. (2002). Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and baby carrots. *Lebensm. Wiss Technol.*, 35, 720-729.
102. Suriderp, C. 1995. Ullman's encyclopedia of industrial chemistry: ácido láctico. Pp97-104. 5 edition. De Barbara Elvers
103. UNE-1278. European Standard . 2010. Chemicals used for treatment of water intended for human consumption. European Committee Standardization. Ozone. ICS 71. 100.80
104. Ukuko, D.O. y Sapers, G.M.(2001). Effect of sanitizer treatments on *Salmonella* Stanley attached to the surface of cantaloupe and cell transfer to fresh-cut tissues during cutting practices. *Journal of Food Protection*. 64:1286-1291.
105. Ukuku D. O. 2005. Effect of sanitizing treatments on removal of bacteria from cantaloupe surface, and re-contamination with *Salmonella*. *Food Microbiology* 23: 289-293.
106. Ukuku D.O. and Sapers G. M. (2006). Microbiological safety issues of fresh melons: In *Microbiology of fruits and vegetables*. Sapers G. M., Gorny J. R., Yousef A. E. (eds). CRC. pp: 231-250.
107. USDA - AMS. (2002). *Fresh Fruit and Vegetables Shipments by Commodities, States and Months*. Washington, DC.
108. EPA U.S. Environmental Protection Agency. (1986). *Design Manual: Municipal Wastewater Disinfection*. EPA Office of Research and Development. Cincinnati, Ohio. EPA/625/1-86/021.
109. Valdez, J.A. (1994). *Producción de Hortalizas*. Editorial Limusa S. A. De C. V. Cuarta Reimpresión, Méx.
110. Valdez, L.A. (1990). *Producción de Hortalizas*. Editorial LIMUSA. Primera Edición. México.
111. Vázquez de Frutos Luis (2012). "NUEVAS TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS" Departamento de Producción y

Caracterización de Nuevos Alimentos Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL) (CSIC-UAM).

112. Velázquez, L.d.C., N.B. Barbini, M.E. Escudero, C.L Estrada and A.M. Stefanini de Guzmán. (2009). Evaluation of chlorine, benzalkonium chloride and lactic acid as sanitizers for reducing *Escherichia coli* O157:H7 and *Yersinia enterocolitica* on fresh vegetables. *Food Control* 20: 262-26
113. Wang Y., King JM., Xu Z., Losso J., Prudente A 2008. Lutein From ozone "treated corn retains antimutagenic properties. *Journal of Agricultura and Food Chemistry* 56, 7942-7949
114. Wiley, R. 1994. Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Introduction to minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Chapman & Hall, New York, 4p.
115. Wiley, R. 1994. Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Introduction to minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Chapman & Hall, New York, 4p.
116. Wu L., Orikasa T., Tokuyasu K., Shiina T & Tagawa A. (2009). Applicability of vacuum-dehydrofreezing technique for the long-term preservation of fresh-cut eggplant: Effects of process conditions on the quality attributes of the samples. *Journal of Food Engineering*, 91, 560- 565.
117. Wu, F.M.; Doyle, MP.; Beatchat, L.R.; Wells, J.G.; Mintz, E.D.; Swaminathan, B. 2000. Fate of *Shigella sonnei* on parsley and methods of disinfection. *Journal Food Protection* 63:568-72.
118. Zhang, S., J.M Farber. 1996. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. *Food microbial.*, 13:311-321.