



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Informe final de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

Agentes antimicrobianos naturales de origen vegetal usados en la conservación de frutas y
hortalizas

Autor:

Luis Fernando Colcha Lopez

Tutor(a):

M.Sc. Myriam Estefanía Peña Zúñiga

Riobamba - Ecuador

2021

REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de Graduación de Investigación de Título, “AGENTES ANTIMICROBIANOS NATURALES DE ORIGEN VEGETAL USADOS EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS ”, Presentado por Colcha Lopez Luis Fernando, dirigido por la M.Sc. Myriam Estefanía Peña Zúñiga.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final de Investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Mgs. Daniel Alejandro Luna Velasco

Presidente del Tribunal



Firma

M.Sc. Myriam Estefanía Peña Zúñiga

Directora del Proyecto de Investigación



Firma

Mgs. Patricio Carrillo Flor

Miembro del Tribunal



Firma

PhD. Paúl Ricaurte

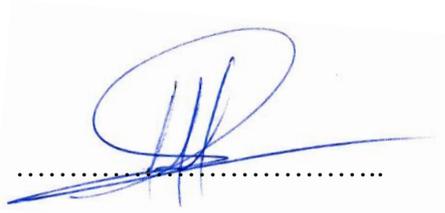
Miembro del Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido del proyecto de Grado denominado “AGENTES ANTIMICROBIANOS NATURALES DE ORIGEN VEGETAL USADOS EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS”, corresponde exclusivamente a Luis Fernando Colcha Lopez, el autor, como también director del proyecto M.Sc. Myriam Estefanía Peña Zúñiga, incluyendo todas las tablas, ilustraciones y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Luis Fernando Colcha Lopez

C.I: 0604121244

Autor del Proyecto de Investigación



M.Sc. Myriam Estefanía Peña Zúñiga

C.I: 1723644801

Tutor del Proyecto de Investigación

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, M.Sc. Myriam Estefanía Peña Zúñiga, en calidad de tutor de tesis, cuyo tema es: “AGENTES ANTIMICROBIANOS NATURALES DE ORIGEN VEGETAL USADOS EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS”, certifico; que el informe final del trabajo investigativo ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al estudiante Luis Fernando Colcha Lopez, para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,



.....

M.Sc. Estefanía Peña

1723644801

Tutor del Proyecto de Investigación

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Patricia y Armando, por estar siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente durante todo mi proceso de formación profesional, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir hoy un sueño más.

A mis hermanas Katherin y Daniela por brindarme su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso.

A toda mi familia quienes me han acompañado siempre con sus palabras de aliento, apoyo y motivación las mismas que me han ayudado a convertirme en una persona de bien.

Luis Fernando Colcha Lopez

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios quien me ha sabido dar la fuerza suficiente para continuar y sobrellevar aquellos momentos de dificultad y debilidad, por estar junto a mí siempre brindándome sabiduría durante toda mi carrera universitaria.

A toda mi familia quienes fueron las principales personas que estuvieron conmigo siempre ya sea brindándome palabras de aliento, consejos, valores y principios, los mismos que me supieron ayudaron para no decaer y seguir adelante durante este largo proceso universitario.

Agradezco a la M.Sc. Myriam Peña, por haberme brindado valioso tiempo y apoyo incondicional durante todo el transcurso que conllevo el presente trabajo ya que con sus conocimientos y consejos pude culminar el proyecto de investigación.

A mis amigos Rosa y Diego de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial con quienes compartí buenos momentos durante mi etapa universitaria y por todas las cosas que hemos aprendido juntos.

Luis Fernando Colcha Lopez

ÍNDICE DE CONTENIDO

REVISIÓN DEL TRIBUNAL	i
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.1.1 Problema y Justificación	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO	4
2.1. Conservante.....	4
2.1.1. Conservantes en alimentos	4
2.1.2. Métodos tradicionales de conservación de alimentos	5
2.2. Agentes Antimicrobianos.....	6
2.2.1. Factores que afectan el crecimiento microbiano	7
2.3. Efecto de la adición de antimicrobianos	7
2.4. Modo de acción microbicida.....	7
2.4.1. Soluciones cloradas	8

2.5.	Agentes antimicrobianos de origen vegetal	8
2.6.	Clases de antimicrobianos naturales	9
2.6.1.	Ácidos orgánicos y ésteres	9
2.6.2.	Espicias y hierbas	10
2.6.3.	Oleorresinas.....	11
2.6.4.	Aceites esenciales.....	11
2.6.5.	Compuestos fenólicos	12
2.7.	Modo de acción de los agentes antimicrobianos de origen natural	13
2.8.	Alimentos mínimamente procesados	13
2.9.	Bacterias de interés en inocuidad alimentaria.....	13
2.9.1.	<i>Escherichia coli</i>	14
2.9.2.	<i>Staphylococcus aureus</i>	14
2.9.3.	<i>Salmonella</i>	14
2.9.4.	<i>Shigella</i>	14
2.9.5.	<i>Listeria monocytogenes</i>	15
2.10.	Enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs).....	15
2.11	Normativa para la contaminación microbiológica en frutas y hortalizas	15
2.12.	Zanahoria(<i>Daucus carota</i>).....	16
2.12.1.	Descripción botánica	16
2.13.	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	17
2.13.1.	Descripción botánica	17
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		19
	Diseño del estudio	19
3.1	Inicio y duración del proyecto	19
3.2	Selección de los estudios	19
3.3	Identificación	19
3.4	Cribado.....	19

3.5	Estrategia de análisis.....	20
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		22
4.1.	RESULTADOS.....	22
4.2.	DISCUSIÓN	36
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		39
5.1	Conclusiones.....	39
5.2	Recomendaciones	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Agentes antimicrobianos naturales para su uso en la industria alimentaria	9
Tabla 2. Componentes volátiles mayoritarios de los aceites esenciales.....	11
Tabla 3. Síntomas transmitidos por microorganismos existentes en los alimentos.....	15
Tabla 4. Condiciones microbiológicas para frutas y hortalizas frescas.....	16
Tabla 5. Condiciones microbiológicas para frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas, refrigeradas y/o congeladas). ..	16
Tabla 6. Botánica Sistemática de la zanahoria	17
Tabla 7. Botánica Sistemática del tomate.....	18
Tabla 8. Matriz en relación con las variables de la búsqueda de información.	22
Tabla 9. Matriz en relación con los microorganismos que pueden ser eliminados, mediante los agentes naturales de origen vegetal.....	26
Tabla 10. Composición química del orégano	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del método PRISMA.....	20
Figura 2. Protocolo para zanahorias (<i>Daucus carota</i>).....	33
Figura 3. Protocolo para tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	35

RESUMEN

El consumo de productos frescos o mínimamente procesados en la actualidad ha ocasionado la necesidad de buscar nuevas alternativas para la desinfección de frutas y hortalizas con productos de origen natural. Mayormente los procesos de desinfección se los realiza mediante la utilización de agentes químicos, los cuales pueden estar asociados a enfermedades o problemas en la salud a largo plazo por el consumo de estos productos. La presente revisión bibliográfica tiene como objetivo el realizar una investigación sobre los principales agentes antimicrobianos de origen vegetal utilizados para la desinfección de frutas y hortalizas. La búsqueda de información se realizó mediante una revisión sistemática en bases de datos de literatura científica como: la información obtenida se consideró como relevante la que proviene de temas relacionados con la desinfección de alimentos mínimamente procesados(frutas y hortalizas). Este proceso se lo realizó mediante la utilización del método PRISMA para la inclusión y exclusión de información, tomando en cuenta las diferentes variables que contribuyen a la revisión, obteniendo como resultado artículos de gran importancia de donde se evidencia a los aceites esenciales como los agentes más utilizados, siendo el aceite esencial de orégano el agente microbicida escogido por sus características antimicrobianas para los dos protocolos planteados uno para frutas y otro para hortalizas. Para la desinfección de tomates a una concentración de 100ppm y para zanahorias a 250ppm. Dentro de los antimicrobianos de origen vegetal se encuentra el timol y carvacrol, los cuales son los principales componentes con efecto microbicida que ayudan a la inhibición de los microorganismos patógenos, tales como *E. coli*, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*, los mismos que ocasionan enfermedades por la ingesta de frutas y hortalizas contaminadas.

Palabras claves: natural antimicrobial agents, desinfección frutas y hortalizas, aceites esenciales y actividad antimicrobiana

ABSTRACT

Today, the consumption of fresh or minimally processed products has caused the need to look for new alternatives of natural origin since most of these processes are carried out through the use of chemical agents, which may be associated with diseases or problems in long-term health due to the consumption of these products, that is why bibliographic review aims to carry out an investigation on the main antimicrobial agents of plant origin used for the disinfection of fruits and vegetables, this search was carried out through a systematic review, such information was obtained from scientific articles that are related to the disinfection of minimally processed foods (fruits and vegetables), this process was carried out by using the PRISMA method for the inclusion and exclusion of information, taking into account the different variables that contribute to the review, obtaining as a result articles of great importance from which it was evidenced that essential oils are the most used ones, being the essential oil of oregano the microbicidal agent used in the proposal of two protocols for the disinfection of tomatoes at a concentration of 100ppm and for carrots at 250ppm, reaching the conclusion that among the antimicrobials of plant origin the compounds thymol and carvacrol are the main components with microbicidal effect that help to inhibit pathogenic microorganisms, such as *E. coli*, *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*, the same ones that cause diseases by eating contaminated fruits and vegetables.

Keywords: natural antimicrobial agents, disinfection fruits and vegetables, essential oils and antimicrobial activity

Reviewed by: Mgs. Janneth Caisaguano Villa.

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 0602305443

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe un consumo creciente de frutas y hortalizas, puesto que poseen innumerables propiedades alimenticias, son fuente inagotable de vitaminas, minerales, fibra y energía. Por sus características físicas y de cultivo, algunos de estos productos están expuestos a contaminación, situación que genera un riesgo para la salud humana. (Rodríguez, 2011)

Las industrias alimentarias para evitar riesgos de contaminación microbiológica de alimentos durante la producción, elaboración y para el aumento de la vida útil durante el almacenamiento utilizan sustancias químicas como por ejemplo benzoatos, sorbitos, nitratos, hidroxianisol butilado, hidroxitolueno butilado, entre otros (Loring, 2017). Estos compuestos están asociadas a la resistencia antimicrobiana y problemas tóxicos. Muchas de estas sustancias pueden producir en el consumidor intoxicaciones alimentarias, es por eso que surge la necesidad de la búsqueda de una alternativa natural como agente antimicrobiano que sea capaz de desinfectar frutas y hortalizas y permitir su conservación. (Rivera et al., 2015)

Existe una búsqueda creciente de alternativas naturales para inhibir el crecimiento de microorganismos, incluyendo bacterias, virus y hongos; ya que es necesario contar con una nueva forma de garantizar alimentos seguros, manteniendo inalterable la calidad del alimento (Chavarrías, 2006). Existen investigaciones previas que demuestran el efecto antimicrobiano que tiene la utilización de especias, plantas y extractos de las mismas, así como sus aceites esenciales, enzimas, péptidos, quitosano, bacteriófagos, ingredientes fermentados y el ozono que pueden utilizarse como posibles alternativas antimicrobianas para mejorar la vida útil del alimento. Las actividades antimicrobianas asociadas a productos naturales de origen vegetal se deben principalmente a la presencia de algunos compuestos bioactivos importantes, incluidos los ácidos fenólicos, terpenos, aldehídos y flavonoides. (Aziz et al., 2016)

Se ha demostrado que los antimicrobianos naturales son efectivos para controlar el crecimiento de diversos microorganismos como *Salmonella*, *E. coli*, *Shigella*, *Clostridium* y *Listeria monocytogenes* asociados con enfermedades de transmisión alimentaria. Además, se ha demostrado que estos compuestos son inofensivos, asegurando la inocuidad alimenticia, consiguiendo ampliar la preservación de frutas o alimentos en general, logrando alargar su vida útil. (Alzamora et al., 2004)

1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1 Problema y Justificación

La agricultura es uno de los ejes principales de la economía del país, tanto en la seguridad alimentaria, como recursos y generación de empleo, además constituye una alternativa económica viable para los sistemas familiares campesinos de producción. (Rivera et al., 2015)

El consumo de frutas y hortalizas es de vital importancia para la salud humana puesto que poseen innumerables propiedades alimenticias, sin embargo, por sus características físicas y de cultivo, algunos de estos productos están expuestos a contaminación de tipo biológico y químico, situación que genera un riesgo para la salud humana. (Zúñiga, 2014)

En los productos vegetales un amplio número de bacterias se han visto implicadas en brotes de enfermedades transmitidas por alimentos relacionados al consumo de frutas y hortalizas como son *Salmonella*, *E. coli*, *Shigella*, *Clostridium* y *Listeria monocytogenes*, algunos de estos patógenos tienen capacidad de sobrevivir por largos períodos de tiempo y resistir a procesos de desinfección e incluso de multiplicarse durante el almacenamiento de productos alimenticios. (Asturias, 2015)

Para una efectiva preservación y desinfección de frutas y verduras que sufren daños constantemente por microorganismos patógenos y deteriorables, se han creado formulaciones que se derivan de plantas con diferentes propiedades antimicrobianas, las mismas que pueden actuar por sí solas o de manera combinada con diversos agentes químicos. Estos nos ayudan a la inhibición y desinfección de contaminación microbiana incluyendo microorganismos patógenos de frutas y hortalizas. (México Patente n° WO2015088306A1, 2015)

Generalmente las industrias alimenticias utilizan sustancias antimicrobianas de origen químico tales como benzoatos, sorbitos, propionatos, nitratos (Loring, 2017). Las cuales están asociadas a problemas tóxicos, es por esta razón la necesidad de investigar sobre los efectos que pueden ocasionar los antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas, logrando así reemplazar los conservantes de origen químico sintético por los de origen natural asegurando la inocuidad alimentaria y su conservación. (Álvarez, 2006)

El presente trabajo de investigación tiene como fin realizar una revisión bibliográfica de los principales agentes antimicrobianos de origen vegetal que pueden ser utilizados para aplicaciones industriales en la desinfección y/o preservación efectiva de frutas y vegetales. Como producto de esta revisión bibliográfica se proponen dos protocolos donde se indican las concentraciones más usadas a las que estos compuestos tienen un efecto desinfectante y/o preservante para frutas y para hortalizas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Realizar una investigación bibliográfica sobre los principales agentes antimicrobianos de origen vegetal utilizados para desinfección de frutas y hortalizas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar los efectos bactericidas o bacteriostáticos de los agentes antimicrobianos de origen vegetal.
- Realizar una matriz de comparación indicando ventajas, desventajas, espectro antimicrobiano, concentración óptima, tiempo de contacto para los agentes antimicrobianos a ser analizados.
- Proponer dos protocolos de uso industrial para la desinfección y /o preservación de frutas y hortalizas.

CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

Los microorganismos propios del suelo como del mismo ambiente pueden ser peligrosos y ocasionar contagios en frutas y hortalizas, esto se puede producir de forma directa, así como indirecta, por estar expuestas a fuentes de contaminación por medio fecal o urinaria, el mismo suelo, el agua de regadío e incluso los animales. (FAO, 1989)

Las frutas y hortalizas generalmente son susceptibles al deterioro postcosecha por diversas razones, entre las principales se encuentran cambios fisiológicos, daños mecánicos, y por causas patológicas según indica INFOAGRO, (2019). Alrededor de 300 millones toneladas de alimentos se pierden al año, solo en América Latina la pérdida es de 127 millones, dichas pérdidas se las puede identificar en diferentes grupos como: cereales en un 25%, raíces y tubérculos 40%, legumbres 20%, frutas y hortalizas 55%, lácteos 20% y mariscos 33%, estas pérdidas se ocasionan en toda la cadena de producción que va desde la cosecha hasta su comercialización (FAO, 2016). En el Ecuador, el manejo poscosecha continúa teniendo serias deficiencias y limitaciones, por lo que en la producción agrícola cuatro de cada diez productos se pudren desde la cosecha hasta llegar al consumidor final, dichas pérdidas pueden alcanzar entre el 30 y 40% del producto cosechado. (Defilippi, 2009)

2.1. Conservante

Conservante es todo compuesto natural o sintético, que ayuda a retrasar o prevenir la proliferación bacteriana de algunos productos principalmente de alimentos, los mismos que son añadidos con el fin de evitar el apareamiento de microorganismos patógenos que puedan dañar los mismos, ocasionando que deje de ser inocuo y peligroso para el ser humano. (Pérez, 2018)

La desinfección es una operación dirigida a especialmente al combate y reducción de la proliferación de microorganismos mediante la utilización de agentes químicos, así como métodos físicos a un nivel que no se puedan contaminar los alimentos, previniendo la intoxicación por ingesta de alimentos contaminados, obtenido un producto inocuo y de calidad. (Rache y González, 2012)

2.1.1. Conservantes en alimentos

El principal objetivo de los conservantes es combatir el deterioro causado por bacterias, mohos, hongos y levaduras. Dichos conservantes ayudan a la preservación por periodos más

extensos, ocasionando que en algunas ocasiones cambien las características organolépticas de dichos alimentos. (FDA, 2019)

El ácido benzoico y el ácido cítrico son los principales compuestos que provienen de los ácidos orgánicos los cuales son parte fundamental de muchas frutas. Los ajos, cebollas y muchas especias contienen potentes agentes antimicrobianos, o precursores que se transforman en ellos al triturarlos. (Matamoros, 1998)

2.1.2. Métodos tradicionales de conservación de alimentos

Según Holdsworth (1988), los principales métodos de conservación de los alimentos se pueden clasificar en tres grupos:

➤ **Métodos de duración corta.**

Refrigeración

Es una técnica de conservación, la misma que consiste en bajar la temperatura a 4°C, logrando así evitar que las bacterias presentes en alimentos puedan proliferar rápidamente. (Bertran, 2018)

➤ **Tratamientos químicos**

Empleo de azúcar

Método utilizado con el fin de disminuir la actividad de agua presente en los alimentos, mediante la adición de azúcar para así evitar la proliferación de microorganismos.

Los rangos establecidos para la actividad del agua van desde 0 a 1, principalmente los alimentos están dentro del rango de 0,2 a 0,99 es por lo que cuanto menor sea este valor, será menos susceptible a dañarse. (Herrera et al, 2003)

Este método de conservación se lo utiliza principalmente en mermeladas, compotas, leches condensadas, etc. (Bertran, 2018)

Salmuera

Al ser uno de los métodos de conservación usados desde la antigüedad el cual consiste en la adición de sal al alimento. La sal resulta “tóxica” para los microorganismos, pues capta el agua de los alimentos y hace que esta no esté disponible para las bacterias, disminuyendo también por esta técnica la actividad del agua.

Aditivos

Bertran (2018), define a los aditivos como sustancias químicas que son añadidas a los alimentos con el fin de frenar el desarrollo de varios microorganismos, al ser esta tóxica para dichos microbios

➤ **Métodos de larga duración**

Pasteurización

Se aplican temperaturas menores a 80°C, por lo que se mantienen las propiedades del alimento. Mediante la utilización de esta técnica se logra la eliminación de microorganismos que pueden perjudicar a la salud, sin embargo, no se eliminan sus esporas por lo que se debe mantener en refrigeración con el fin de ralentizar de desarrollo de microorganismos.

Dentro de los principales alimentos pasterizados que consumimos se encuentran; el agua, debidas en botellas(refrescos), cervezas, helados, lácteos(leche, yogurt, etc.), salsas(mayonesa, ketchup, salsa de tomate, etc.), zumos de frutas, así como sopa de verduras. (Interempresas, 2018)

Deshidratación

Es un método que consiste en la eliminación o pérdida de agua interna del alimento con el fin de preservar dicho producto. Para aumentar la vida útil de los productos mediante la técnica de deshidratación se utiliza maquinaria que ayuda a la eliminación del agua presente en los alimentos.

Congelación

La congelación al ser un proceso de preservación, el cual consiste en la transformación del agua interna del alimento en hielo, donde su temperatura optima debe ser inferior a los 0°C y esta debe mantenerse dentro de los -18°C.

Esto se lo realiza con el fin de evitar que las bacterias tengan un medio de proliferación, es decir que no los eliminamos, pero si evitamos su crecimiento.

Irradiación

Consiste en exponer a los alimentos a dosis de radiación (generalmente rayos X o rayos gamma) que destruyen el material genético de los microorganismos, por lo que de este modo se evita su desarrollo. (Bertran, 2018)

2.2. Agentes Antimicrobianos

Son aquellos compuestos químicos o naturales que ayudan a la eliminación o ralentización del crecimiento microbiano. (López et al., 2000)

Varios agentes antimicrobianos obtenidos de forma sintética pueden ser obtenidos de algunos alimentos de forma natural, los cuales pueden ser utilizados como agentes microbicidas. Dentro de estos compuestos químicos que se utilizan como antimicrobianos se los puede clasificar como aditivos de acción o aplicación directa e indirecta. Dentro de los antimicrobianos aprobados para la utilización en alimentos de forma directa se

encuentran nitratos, nitritos, sorbatos, benzoatos, así como ésteres, fenoles, ácidos orgánicos y sus derivados. Los antimicrobianos que pueden ser aplicados indirectamente con distintos objetivos diferentes a la de acción microbicida, son generalmente sustancias químicas como los fosfatos, y antioxidantes fenólicos. (Davidson et al., 1993)

2.2.1. Factores que afectan el crecimiento microbiano

Todos los seres vivos al igual que los microorganismos necesitan de un conjunto de condiciones o factores favorables para poder crecer/vivir en un ambiente determinado.

Los principales factores que afectan la sobrevivencia y el crecimiento microbiano se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Factores implícitos y microbianos (microorganismos presentes, velocidades y fases de crecimiento, efectos sinérgicos, etc.).
- Factores intrínsecos, aquellos factores químicos y físicos que actúan dentro del alimento (nutrientes, pH, actividad de agua, presencia de conservadores y otras sustancias antimicrobianas, microestructura, etc.).
- Factores extrínsecos (temperatura, humedad relativa, presión parcial de oxígeno, etc.). (Mossel y Igram, 1995; Alzamora, 1997)

2.3. Efecto de la adición de antimicrobianos

Los antimicrobianos o conservadores pueden tener al menos tres tipos de acción sobre el microorganismo;

- Inhibición de la biosíntesis de los ácidos nucleicos o de la pared celular.
- Daño a la integridad de las membranas.
- Interferencia con la gran variedad de procesos metabólicos esenciales.

Algunos agentes antimicrobianos son capaces de inhibir varios tipos de microorganismos sin embargo estos antimicrobianos pueden ser directamente microbicidas, o pueden actuar como microbiostáticos. El mecanismo microbicida acarrea la muerte celular, excepto en el caso de las esporas del género de bacterias *Bacillaceae*. (Mussel, 1983)

2.4. Modo de acción microbicida

La acción microbicida se atribuye a la entrada a través de la pared, membrana celular y con la inactivación de enzimas, mediante rotura de esas barreras y desnaturalización, en el citoplasma, de proteínas esenciales para el microorganismo. Su eficacia está relacionada con

la presencia de agua, ello se debe a que estos compuestos acuosos penetran mejor en las células y bacterias permitiendo así el daño a la membrana y la rápida desnaturalización de las proteínas, con la consiguiente interferencia con el metabolismo y lisis celular.

Los microbicidas actúan reduciendo la carga microbiana, por ejemplo, matando, inactivando o eliminando microbios. Muchas medidas de control microbiológico tienen varias funciones. Algunas medidas microbiostáticas también tienen efectos microbicidas, cuya potencia depende a menudo de la intensidad con la cual se aplican (por ejemplo, reducción del pH, refrigeración, congelación, conservantes y sistemas antimicrobianos naturales del producto). (FAO y OMS, 2011)

2.4.1. Soluciones cloradas

El hipoclorito de sodio es uno de los agentes más utilizados en la industria alimentaria por su gran acción microbicida contra bacterias, virus y en concentraciones altas es capaz de inhibir esporas de bacterias, levaduras y mohos, por lo que es considerado como principal compuesto en la formulación de diferentes desinfectantes tanto para frutas como hortalizas. El producto comercial presenta una coloración clara que puede variar de verde a amarillo con un olor característico, además de verse reducida la presencia de bicapas, materiales orgánicos, bajo pH o luz UV. (Klintsy, 2008)

Dentro de los principales efectos adversos que puede ocurrir con el hipoclorito de sodio en concentraciones menores al 10% puede presentarse una leve irritación estomacal, en ocasiones más fuertes puede provocar dolores torácicos, sensación de náuseas, dolores abdominales o estomacales y dificultades para respirar. (Saracco, 2016)

Los principales efectos ocasionados por la desinfección con agentes clorados pueden ser su inestabilidad, frente a condiciones como pueden ser luz y calor puesto que la misma en presencia de materia orgánica puede dañar su textura, color tanto frente a las condiciones ambientales (luz y calor), inconvenientes que se intenta minimizar en otros tipos de formulados desinfectantes. (Betelgeux, 2014)

2.5. Agentes antimicrobianos de origen vegetal

La utilización de alternativas naturales de origen vegetal con el fin de cuidar y mejorar la vida útil de los alimentos, utilizando dichos agentes naturales con el fin de conservar los productos sin alterar sus características mediante la ayuda de extractos de plantas, así como de aceites esenciales. (Tajkarimi et al., 2010)

Los fuertes efectos antimicrobianos de algunos materiales vegetales se deben principalmente a la presencia de los compuestos bioactivos principales, compuestos fenólicos, terpenos, alcoholes alifáticos, aldehídos, ácidos e isoflavonoides. Estos compuestos bioactivos se encuentran comúnmente en fracción de aceite esencial de hojas (romero, salvia, albahaca, orégano, tomillo y mejorana), bulbos (ajo y cebolla), frutas (cardamomo y pimienta), flores o brotes (clavo) y semillas (alcaravea, hinojo, nuez moscada). (Tiwari et al., 2009)

Tabla 1. Agentes antimicrobianos naturales para su uso en la industria alimentaria

Clasificación	Agentes Antimicrobianos
Compuestos bioactivos puros	Isotiocianato de alilo, cinamaldehído, eugenol, timol, carvacrol, citral.
Aceites esenciales	Tomillo, orégano, pimiento, clavo, limón, verbena, bálsamo de limón, hoja de ciprés
Extractos de plantas	Semilla de uva, té verde, cáscara / corteza de granada, acerola, corteza de pino, gayuba, corteza de canela, romero, ajo, orégano, sansho, jengibre, salvia.
Polisacárido	Quitosano
Péptidos	Lactoferrina
Enzimas	Lisozima, glucosa oxidasa, sistema lactoperoxidasa
Bacteriocinas	Nisina, pediocina, subtilina, lacticina

Fuente: (Tiwari et al., 2009)

2.6. Clases de antimicrobianos naturales

2.6.1. Ácidos orgánicos y ésteres

Dentro de los factores más importantes para el crecimiento de los microorganismos es el pH, dichas bacterias son capaces de tolerar rangos de pH que van desde 4 a 9 sin embargo, prefieren pHs cercanos a la neutralidad es decir de 6.5 a 7.5. Los microorganismos que pueden tolerar y proliferar a pHs por debajo de 3.5 se encuentran mohos y levaduras. Dentro de las principales características que ayudan a la proliferación de mohos y levaduras especialmente en frutas y hortalizas se encuentran principalmente las características inherentes es decir su bajo pH y su baja capacidad reguladora. (Rodríguez, 2011)

El principio básico de acción de los ácidos orgánicos es que, en su forma no disociada, pueden atravesar la pared celular bacteriana y ejercer un efecto perjudicial sobre el medio interno de la misma. (Vecchi, 2020)

Según Lambert y Stratford (1999), después de penetrar la pared celular, los ácidos quedan expuestos al pH interno de la bacteria, el cual debe ser superior al del medio externo, y se disocian. Como consecuencia el pH interno disminuye y la bacteria debe utilizar energía

para regresar al punto de homeostasis. Esto genera un doble perjuicio para la bacteria, por un lado, el cambio de pH del medio interno interrumpe los procesos biológicos de la bacteria y por el otro el consumo de energía inhibe o detiene el crecimiento bacteriano, pudiendo incluso llevar a la muerte de la misma. Este efecto es más eficaz para aquellas bacterias sensibles a los bajos pHs. Es por esto que los ácidos orgánicos son especialmente eficaces en bacterias Gram negativas.

2.6.2. Especies y hierbas

Especies y hierbas utilizadas en la alimentación pueden exhibir actividad antimicrobiana dentro de las cuales se encuentran el apio, cilantro, laurel, almendra, albahaca, café, angélica, puerro, rábano picante, hierbabuena, tomillo, entre otras. La actividad antimicrobiana que presentan dichas especies se debe a la presencia de compuestos simples y complejos provenientes del fenol, estos a temperatura ambiente son volátiles. La mayoría de las especias son aquellas que son utilizadas en la alimentación como agentes saborizantes, las cuales se obtienen de diversas partes de la planta. Desde la antigüedad se conoce que las especias y aceites esenciales que se utilizan dentro de la industria alimenticia presentan una gran actividad antimicrobiana. (Davidson, 2001)

Ciertas especias inhiben el crecimiento de microorganismos, en general son más efectivos las especias frente a organismos Gram-positivos, que frente a bacterias Gram-negativas, esto se debe a la función conservadora de los aceites esenciales que poseen, cuya composición posee compuestos tipo eugenol o aldehído cinámico con poder antimicrobiano, presentes en algunas de estas especias: (Condori, 2014).

- Canela, clavo y mostaza: gran poder conservante.
- Pimienta negra/roja, jengibre: inhibidores débiles frente a una gran variedad de microorganismos.
- Pimienta, laurel, cilantro, comino, orégano, romero, salvia y tomillo: actividad intermedia.
- Otros: anís, menta, hinojo, apio, eneldo, cúrcuma.

La función conservadora se debe a los aceites esenciales que poseen, en cuya composición están presentes compuestos tipo eugenol o aldehído cinámico con poder antimicrobiano. (Petrone, 2002)

2.6.3. Oleorresinas

Las oleorresinas son compuestos aromáticos que se extraen de especies deshidratadas mediante la utilización de solventes orgánicos. Estos compuestos pueden dividirse en volátiles y no volátiles de estas especies obteniendo el sabor completo en forma concentrada. (Cardona et al., 2006)

2.6.4. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son obtenidos de diferentes partes de las plantas que al ser extraídas se presentan como un líquido aceitoso, dentro de las partes principales de la planta de donde se obtienen los aceites se encuentran flores, yemas, semillas, hojas, ramas, corteza, hierbas, madera, frutos y raíces. Son mezclas complejas de ésteres, aldehídos, cetonas y terpenos. Dentro de los principales solventes para la extracción de dichos compuestos se encuentran el acetato, etanol y cloruro de etileno. La actividad antimicrobiana que pueden presentar los aceites esenciales contra bacterias y hongos se debe principalmente a que son derivados de plantas y especies. (Nychas, et al., 2003)

Los componentes mayoritarios de los aceites pueden constituir hasta un 85% del total mientras que el resto se presentan como trazas. La concentración del compuesto concreto total de la mezcla de aceites de la planta puede ser muy variable. (Lawrence.,2005)

Tabla 2. Componentes volátiles mayoritarios de los aceites esenciales.

Grupo Químico Funcional	Componentes
Fenoles	Carvacrol Eugenol Timol
Aldehídos	Citral Citronela Benzaldehído Perilaldehído Cinamaldehido
Alcoholes	Terpenos Borneol Mentol Geranoil Linalol Fenilatenol
Alcoholes sesquiterpenos	Farnecol Cedrol
Cetonas	Alcanfor Carvona α -tujona

Ésteres	Acetato de linalilo Salicilato de metilo Etil acetato Anetol
Ésteres y Óxidos	Metil timol Anetol Cineol
Hidrocarburos	Careno β – cariofileno α – pineno Limoneno

Fuente: (Inouye et al., 2006)

La acción antimicrobiana de los aceites esenciales puede atribuirse a su capacidad para penetrar a través de membranas de las bacterias al interior de la célula y exhiben actividad inhibidora sobre las propiedades funcionales de la célula, y a sus propiedades lipofílicas.

La naturaleza fenólica de los aceites esenciales también provoca una respuesta antimicrobiana contra bacterias patógenas transmitidas por los alimentos. Los compuestos fenólicos alteran la membrana celular resultando en la inhibición de las propiedades funcionales. (Bajpai et al., 2012)

Los mecanismos de acción pueden estar relacionados con la capacidad de los compuestos fenólicos para alterar la permeabilidad de las células microbianas, dañar las membranas citoplásmicas, interferir con los sistemas de generación de energía (ATP) e interrumpir la fuerza motriz del protón. La permeabilidad interrumpida del citoplasma en la membrana puede provocar la muerte celular. (Li et al., 2011)

2.6.5. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son componentes orgánicos que se los obtiene como resultado del metabolismo secundario de las plantas, cruciales para los aspectos funcionales en la vida de estas, con diferentes funciones como protector en contra de plagas, estrés del medio y patógenos, así como generador de colores atractivos para su polinización y dispersión. (Gómez., 2016)

Algunos investigadores han planteado la hipótesis de que la acción antimicrobiana puede atribuirse a la capacidad de los compuestos fenólicos presentes en ellos para penetrar en las membranas bacterianas y alterar las propiedades funcionales de las células. (Fisher y Phillips, 2009; et al., 2010; Smith-Palmer, Stewart y Fyfe, 2001)

2.7. Modo de acción de los agentes antimicrobianos de origen natural

Según Conner (1993), determinó que la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales se basa en el deterioro de varios sistemas enzimáticos, incluidos aquellos involucrados en la producción de energía y en la síntesis de componentes estructurales. Una vez que el compuesto fenólico cruza la membrana celular, puede interactuar con las enzimas y con las proteínas causando un flujo contrario de protones a través de ella, afectando así a la actividad celular.

Kabara (1991), menciona que los compuestos fenólicos pueden tener efectos a dos niveles, sobre la integridad de la pared celular y membrana citoplasmática, así como sobre la respuesta fisiológica del microorganismo. Los compuestos fenólicos pueden desnaturalizar a las enzimas responsables del inicio de la germinación de las esporas o interferir con el uso de aminoácidos necesarios para iniciar el proceso de germinación. (Nychas,1995)

2.8. Alimentos mínimamente procesados

Estos alimentos al presentar características organolépticas similares a las frutas y hortalizas frescas tienen la ventaja de ser más fáciles de utilizar, puesto que dentro de su procesamiento se encuentran operaciones principales como la clasificación, lavado, pelado, reducción de tamaño, etc. Es por ello por lo que se consideran productos de consumo directo, evitando que el tiempo de elaboración no sea uno de los principales factores de obstaculización para poder consumir estos productos en la dieta alimentaria. (Parzanese, 2012)

Estos productos deben haber sido modificados mínimamente con el fin de obtener un valor agregado facilitando su consumo y vida útil de los mismos, de esta manera se busca garantizar la inocuidad del alimento cuidando de no afectar sus principales características organolépticas y nutricionales. (Parzanese, 2012)

2.9. Bacterias de interés en inocuidad alimentaria

Muchas enfermedades transmitidas por alimentos se han relacionado con el consumo de frutas y verduras frescas, ya que se informa que contienen contaminantes como microorganismos y pesticidas. Los brotes transmitidos por alimentos se han relacionado con un grupo diverso de frutas y verduras debido a la presencia de varios patógenos, incluidos *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*. (Bhilwadikar, 2019)

El empleo de aguas residuales y el inapropiado sistema de postcosecha en la agricultura, causa alteraciones en las características organolépticas y nutricionales, lo cual, trae consigo una disminución en la demanda de hortalizas frescas, esta a su vez ocasiona enfermedades tales como: intoxicaciones, salmonelosis, infecciones intestinales, entre otras; provocando un aumento en las pérdidas económicas para los productores. (Chuquitarco, 2014)

2.9.1. *Escherichia coli*

Escherich (1885), define a la *Escherichia coli* como una bacteria Gram negativa móvil y fermentadora de lactosa que fue descrita por primera vez, tras un brote de gastroenteritis infantil. Se han encontrado diversas cepas patógenas de *E. coli*, durante estos últimos años las cuales han sido causantes de cuadros diarreicos graves, lo que ha convertido a esta bacteria en un problema de salud pública a nivel mundial. (Nataro y Kaper, 1998)

2.9.2. *Staphylococcus aureus*

Este microorganismo es un coco Gram positivo que presenta la forma de un racimo de uvas además de ser un anaerobio facultativo, fermenta la glucosa y el manitol. Dichos microorganismos pueden sobrevivir a condiciones ambientales que se encuentren en un rango de temperatura que puede variar de entre 6 a 46°C, siendo la temperatura más óptima de 30 a 37°C. (Cervantes et al., 2014)

Puede tolerar concentraciones de NaCl de hasta el 20%, lo que permite su desarrollo en alimentos de muy baja actividad acuosa. De esta manera es capaz de resistir otros métodos de conservación como la desecación, la congelación y la utilización de calor. (Fueyo, 2005)

2.9.3. *Salmonella*

El género *Salmonella*, son bacterias que pueden hacer que las personas se enfermen con una infección llamada salmonelosis. *Salmonella*, estas bacterias viven en los intestinos de personas y muchos animales. Ellos generalmente se transmiten a las personas cuando comen alimentos contaminados con la bacteria, pero también puede ser transmitido a través del contacto con animales o su entorno. (Kabara, 1991)

2.9.4. *Shigella*

La *Shigella* al ser una de las bacterias enteroinvasivas que está formado por bacilos Gram negativos inmóviles, anaerobios facultativos no esporulados, pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae*, altamente perjudiciales para el ser humano, teniendo como su principal lugar de habitación el colon. Se transmite a través del contacto directo o indirecto de agua y alimentos contaminados con materia fecal de personas infectadas. (Matthews, 2008)

2.9.5. *Listeria monocytogenes*

La *Listeria monocytogenes* es una bacteria que se encuentra principalmente en la tierra y el agua, además que puede encontrarse en muchos alimentos crudos, así como en alimentos procesados y productos realizados con leche no pasteurizada. Este germen es distinto a otros microorganismos ya que a pesar de encontrarse en refrigeración puede seguir creciendo e incluso proliferando. (Lanciotti, et al., 2004)

2.10. Enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs)

Las ETAs se producen por la ingestión de alimentos infectados con agentes patógenos contaminantes en porcentajes elevados, los cuales afectan a la salud del consumidor. La mayoría de los microorganismos patógenos como bacterias, hongos, virus, levaduras, entre otros pueden ocasionar distintos malestares en el ser humano e incluso pueden llegar a producir enfermedades a largo plazo, así como enfermedades a corto plazo como vómitos, diarrea, fiebre, etc. (Donato, 2007)

Tabla 3. Síntomas transmitidos por microorganismos existentes en los alimentos

Microorganismos	Síntomas
<i>Escherichia coli</i>	Fallas en el riñón en niños y bebés
<i>Salmonella sp</i>	Provoca artritis
<i>Listeria sp</i>	Meningitis

Fuente: Donato, (2007); Carrillo, (2016)

2.11 Normativa para la contaminación microbiológica en frutas y hortalizas

Dentro de las principales medidas que ayudan a garantizar la seguridad de los alimentos se han establecido condiciones microbiológicas que deben cumplir para poder ser considerados aptos para el consumo humano, estas condiciones se detallan de mejor manera en las siguientes tablas:

Tabla 4. Condiciones microbiológicas para frutas y hortalizas frescas

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g.	
					m	M
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10 ²	10 ³
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25 g	-----

Fuente: NTS. (2008)

Tabla 5. Condiciones microbiológicas para frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas, refrigeradas y/o congeladas).

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	C	Límite por g.	
					m	M
<i>Aerobios Mesófilos</i>	1	3	5	3	10 ⁴	10 ⁶
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25 g	-----
<i>Listeria monocytogenes</i> (*)	10	2	5	0	Ausencia/25 g	-----
(*) Solo para frutas y hortalizas de tierra (a excepción de las precocidas).						

Fuente: NTS. (2008)

2.12. Zanahoria (*Daucus carota*)

2.12.1. Descripción botánica

Al ser considera la zanahoria como una planta anual, esto se debe a que su cultivo se lo realiza cada año, donde podemos destacar algunas características principales como su raíz fusiforme cilíndrica, cónica y redondeada, así como dentro de los principales colores que puede presentar se encuentran el anaranjado, amarillo y blancuzco, a su vez sus tallos pueden ser solitarios.

Hojas generalmente oblongadas de las que su tamaño puede variar de entre 5 a 15 cm de largo, mientras que, de 2 a 7 cm de ancho, a su vez presentan segmentos lanceolados y ensanchados en su base. Presenta foliolos de forma segmentada de 3 a 7 pares mas uno terminal, su borde es de forma entera o denticulada, además de tener un ápice agudo mucronado y lampiños a hispídos especialmente en nerviaduras y bordes. (Agroes, 2005)

Sus flores tienen un tamaño de 3 a 10 mm con pedicelos que tienen hasta 20 umbélulas, además de presentar pedúnculos hipidos que tienen un tamaño que pueden variar de ente 25 a 60 cm. Presenta brácteas foláceas que van de 3 a 30 mm de longitud, presentan pétalos de distintos colores como blancos, amarillos, rosados. Los mericarpos pueden ser ovoides

u oblongos con una longitud de 3 a 4 mm y un diámetro de 2 mm con costillas cubiertas de espínulas y pelos rígidos. (Barahona, 2003)

Sus semillas son ovoideas, de color amarillo grisáceo o pardo grisáceo. Esta hortaliza se la cultiva por sus raíces comestibles, de las cuales se obtienen colorantes para alimentos. (Agroes, 2005)

Tabla 6. *Botánica Sistemática de la zanahoria*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Umbelliferales
Familia	Umbelliferae
Genero	Daucus
Especie	Carota
Nombre científico	<i>Daucus carota. Var. Nantes, Chantenay</i>
Nombre común	Zanahoria

Fuente: Rueda, (2004); Carranza, (2006)

2.13. Tomate (*Solanum lycopersicum*)

2.13.1. Descripción botánica

Al ser una planta en forma de arbusto perenne que alcanza a crecer de forma limitada e incluso de forma ilimitada, tomando en cuenta de esta puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Su raíz principal además de ser corta, débil, se constituye por numerosas y potentes raíces secundarias y a su vez adventicias. (Hazael, 2017)

Tallos y ramas son de consistencia herbácea, su eje principal o base tiene un diámetro de 2 a 4 cm el mismo que ayuda a la planta a sostenerse, de este se despliegan y desarrollan ramas o tallos secundarios.

Hojas están compuestas principalmente por folíolos peciolados, lobulados y con bordes dentados, estas recubren con finas vellosidades. Las mismas que pueden crecer de forma alterna e indistintamente sobre el tallo. (Canales et al., 2016)

Sus flores son de forma regular y perfecta, las mismas que están constituidas de 5 sépalos e igual número de pétalos los mismos que se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso.

El fruto es una baya plurilocular de forma y tamaño variable, que puede pesar hasta 600 gramos, de este se puede obtener o recolectar ente 100 y 300 semillas. (Canales et al., 2016)

Tabla 7. *Botánica Sistemática del tomate*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	Solanum
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre científico	<i>Solanum lycopersicum</i>
Nombre común	Tomate, jitomate

Fuente: Hazael, (2017)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó mediante una revisión bibliográfica, la misma que consistió en la búsqueda de información en artículos que contengan investigación sobre agentes antimicrobianos naturales de origen vegetal usados en la conservación de frutas y hortalizas.

Diseño del estudio

El presente trabajo investigativo está diseñado como una revisión bibliográfica.

3.1 Inicio y duración del proyecto

Para la búsqueda de información del presente proyecto se la realizó desde el día 15 de junio hasta el 20 de septiembre del presente año.

3.2 Selección de los estudios

Se utilizó la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Metanalysis). La misma que incluye un diagrama de flujo de la información y está integrada por 27 ítems la cual conlleva a una revisión, expansión y mejora de información mediante la estructura de 4 fases: Identificación, Cribado, Elección e Inclusión (Hutton et al., 2016).

3.3 Identificación

Mediante la utilización de las fuentes bibliográficas encontradas en Internet, se llevó a cabo una revisión de tesis y artículos científicos en páginas como: Scielo, ProQuest y Google Académico, agilizando la búsqueda por medio de palabras claves, las cuales estuvieron relacionadas con el tema investigado: natural antimicrobial agents, desinfección frutas y hortalizas, aceites esenciales y antimicrobial activity

3.4 Cribado

Se excluyeron aquellos artículos científicos relacionados o que aborden alimentos procesados, conservación de carnes o canales de animales mediante la utilización de aceites esenciales, que la fecha de publicación no haga énfasis o se encuentre dentro del intervalo de tiempo del año 2014 hasta el año 2020 o que no sean de relevancia.

Se detalla a continuación en la figura 1, el procedimiento que se utilizó para la selección de los artículos científicos que se utilizaron en la presente investigación, realizada mediante el método PRISMA.

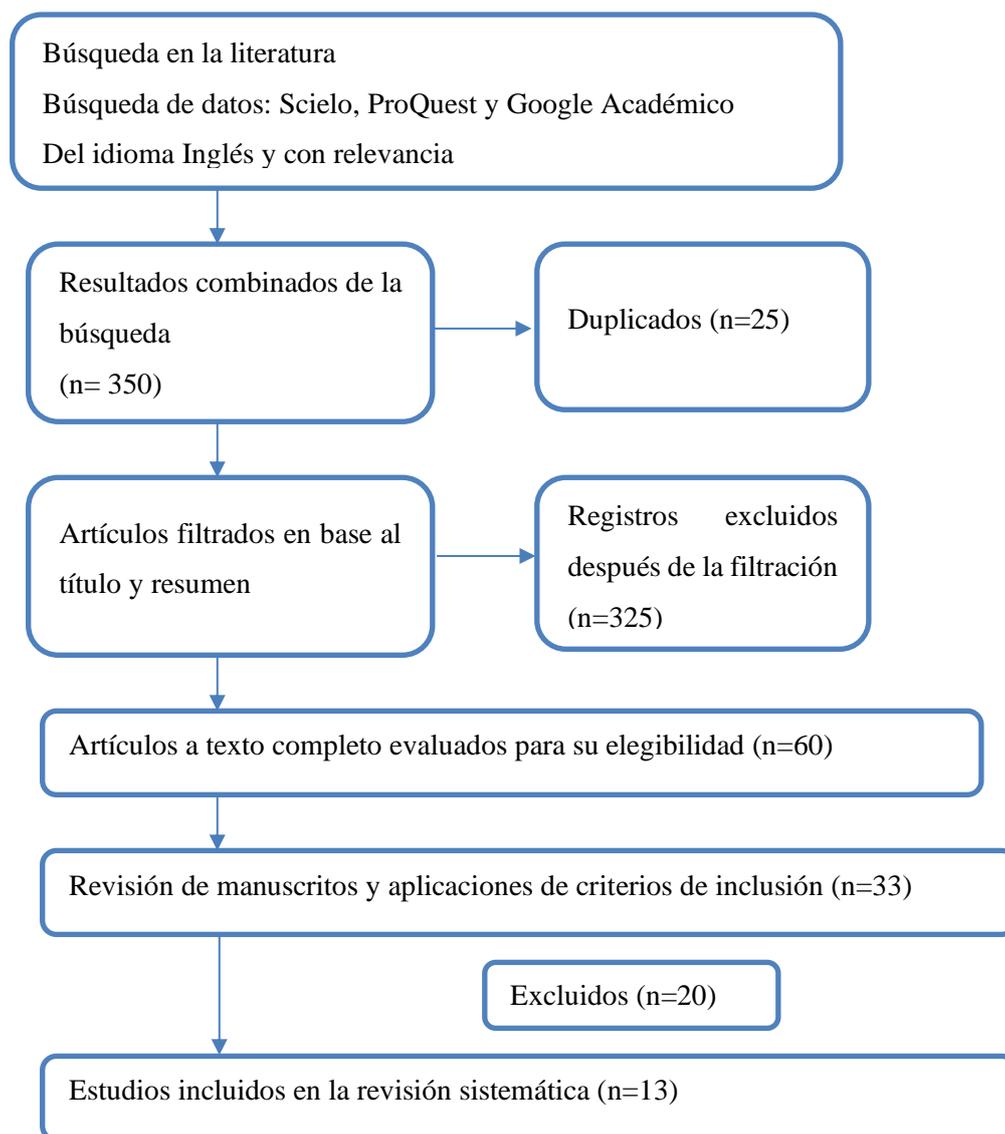


Figura 1. Diagrama de flujo del método PRISMA

Una vez realizado el diagrama de flujo para el método PRISMA se pudo obtener un proceso completo de selección de artículos científicos importantes que fueron utilizados en el desarrollo de la presente investigación, donde se tomó en cuenta parámetros que nos ayudaron a descartar información que no era de nuestro interés o no cumplía con lo establecido, obteniendo como resultado un total de 13 artículos.

3.5 Estrategia de análisis

Se realizó una matriz con la utilización del programa Excel mediante el uso de hojas de cálculo en el cual se analizaron variables que contribuyan a la revisión sistemática de los artículos seleccionados sobre agentes antimicrobianos naturales de origen vegetal usados en la conservación de frutas y hortalizas.

Dentro de las principales variables de análisis que se tomaron en cuenta para determinar los factores que afecten la conservación y/o desinfección de frutas y hortalizas mínimamente procesadas, país, tipo de documento, tipo de antimicrobiano, agentes antimicrobianos, antimicrobiano vegetal, tiempo de contacto, concentración y mecanismo de acción.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Con la utilización de los buscadores Google académico, ProQuest y Scielo se logró obtener artículos de gran importancia tomando en cuenta un intervalo de años que va desde el 2014 al 2020. Dentro de este intervalo de años se pudo aplicar el método de inclusión y exclusión para los artículos mediante la utilización de la declaración PRISMA, obteniendo como resultados que la mayoría de los artículos encontrados un 69% en idioma Inglés, mientras que un 31% en idioma español, de la misma manera la mayoría de esta información se encontró en 70% dentro de artículos científicos y un 30% en tesis. De la totalidad de las revistas un 38% pertenecen a la revista Food Science and Nutrition.

Tabla 8. Matriz en relación con las variables de la búsqueda de información.

Autor	Tema	Año de Publicación	Buscador	Revista	Universidad	País	Idioma	Tipo de documento
Phakawat Tongnuanchan, Soottawat Benjakul	Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation	2014	Google académico	Food Science and Nutrition	Prince of Songkla University	Thailand	Inglés	Artículo
Jess Vergis, P. Gokulakrishnan, R. K. Agarwal, Ashok Kumar	Essential Oils as Natural Food Antimicrobial Agents: A Review	2014	Google académico	Food Science and Nutrition	Indian Veterinary Research Institute	India	Inglés	Artículo
Yi Xin Seow, Chia Rou Yeo, Hui Ling Chung, And Hyun-Gyun Yuk	Plant essential oils as active antimicrobial agents	2014	Google académico	Food Science and Nutrition	National University of Singapore	Singapur	Inglés	Artículo

I. Rodriguez, B. A. Silva-Espinoza, L. A. Ortega, J. M. Leyva, Md. W. Siddiqui, M.R. Cruz, G. A. Gonzalez, And J. F. Ayala	Oregano Essential Oil as an Antimicrobial and Antioxidant Additive in Food Products	2015	Google académico	Food Science and Nutrition	Bihar Agricultural University	India	Inglés	Artículo
Andrea Carhuallanqui, Maria Elena, Daphne Ramos	Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Orégano frente a <i>Listeria monocytogenes</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	2020	Scielo	Revista de Investigaciones Altoandinas	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Perú	Español	Artículo
Lena Asunción Tellez Monzón	Caracterización de los aceites esenciales de seis ecotipos de orégano (<i>Origanum vulgare</i> sp.) procedentes del valle de Urubamba	2017	Google académico	Ninguna	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	Perú	Español	Tesis
Silviya R. Macwan, Bhumika K. Dabhi, K.D. Aparnathi and J.B. Prajapati	Essential Oils of Herbs and Spices: Their Antimicrobial Activity and Application in Preservation of food	2016	ProQuest	International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences	Anand Agricultural University	India	Inglés	Artículo
Juan Carlos Guamán Salán	EVALUACIÓN DE <i>Trichoderma harzianum</i> Rafai Y DOS EXTRACTOS VEGETALES EN MORA, FRESA Y TOMATE EN POST-COSECHA, CONTRA <i>Botrytis</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., y <i>Penicillium</i> sp	2017	Google académico	Ninguna	UNIVERSIDAD DE CUENCA	Ecuador	Español	Tesis

Kanika Bhargava Denise S. Conti c Sandro RP da Rocha Yifan Zhang	Application of an oregano oil nanoemulsion to the control of foodborne bacteria on fresh lettuce	2015	ProQuest	Food Microbiology	Wayne State University	Estados Unidos	Inglés	Artículo
Laura D. Rodríguez-Rodríguez, Ángel A. Jiménez-Rodríguez, Walter Murillo-Arango, Ever A. Rueda-Lorza, Jonh J. Méndez-Arteaga	Actividad antimicrobiana de cáscaras y semillas de Citrus limonia y Citrus sinensis	2017	Google académico	<i>Actualidades Biológicas</i>	Universidad del Tolima	Colombia	Inglés	Artículo
Sonam Chouhan, Kanika Sharma and Sanjay Guleria	Antimicrobial Activity of Some Essential Oils—Present Status and Future Perspectives	2017	ProQuest	Publisher of Open Access Journals	Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences and Technology	India	Inglés	Artículo
Mélida Marianela Chuquitarco Guano	Aplicación de aceites esenciales de orégano (<i>Origanum vulgare</i>) y tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>) en cuatro tipos de hortalizas: col de repollo (<i>Brassica oleracea</i> var. capitata cv. bronco), col morada (<i>Brassica oleracea</i> var. capitata f. rubra), lechuga Iceberg tipo Salinas (<i>Lactuca sativa</i> var. capitata) y espinaca (<i>Spinacia oleracea</i>) para	2014	Google académico	Ninguna	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	Ecuador	Español	Tesis

	disminuir la carga microbiológica patógena.							
Tanmayee Bhilwadikar, Saranya Pounraj, S. Manivannan, N. K. Rastogi, and P. S. Negi	Decontamination of Microorganisms and Pesticides from Fresh Fruits and Vegetables: A Comprehensive Review from Common Household Processes to Modern Techniques	2019	ProQuest	Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety			Inglés	Artículo

Elaborado por: Luis Colcha

En la tabla 9, de la mayoría de los artículos revisados se pudo conocer que se utilizó en un 85% aceites esenciales como conservantes, agentes antimicrobianos y desinfectantes, mientras que con un 8% cáscaras, extractos y semillas, principalmente utilizando al orégano en 77% como aceite esencial para la inhibición de agentes patógenos que pueden causar enfermedades ocasionadas por la contaminación de los alimentos infectados, a su vez se ha utilizado, el tomillo, limón y hierba luisa para la inhibición de estos.

Tabla 9. Matriz en relación con los microorganismos que pueden ser eliminados, mediante los agentes naturales de origen vegetal.

Tema	Antimicrobiano o Natural	Antimicrobiano vegetal	Agentes	Concentración	Tiempo	Modo de aplicación	Mecanismos de Acción
Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation	Aceites Esenciales		<i>E. coli</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	90,8 mg / ml	3 min		
Essential Oils as Natural Food Antimicrobial Agents: A Review	Aceites Esenciales	Orégano	<i>Salmonella Enteritidis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> <i>Enterobacter aeruginosa</i>	400 ppm		Envasado Microbiano	Contra la germinación y el crecimiento
Plant essential oils as active antimicrobial agents	Aceites Esenciales	Orégano	<i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i>	125 g / mL	30 - 60 min	Nanoemulsiones	La permeabilidad continua de la membrana siendo afectado su citoplasma negativamente

Oregano Essential Oil as an Antimicrobial and Antioxidant Additive in Food Products	Aceites Esenciales	Orégano	<i>Listeria monocytogenes</i> <i>E. coli</i>				La membrana celular se hace más permeable debido a su impregnación en los dominios hidrofóbicos
Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Orégano frente a <i>Listeria monocytogenes</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	Aceites Esenciales	Orégano	<i>Listeria monocytogenes</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	0,175 mg/ml		Nanoemulsiones	Interfieren con la membrana de las bicapas de fosfolípidos
Caracterización de los aceites esenciales de seis ecotipos de orégano (<i>Origanum vulgare</i> ssp.) procedentes del valle de Urubamba	Aceites Esenciales	Orégano		0,2 mg/ml	1 min		
Essential Oils of Herbs and Spices: Their Antimicrobial Activity and Application in Preservation of food	Aceites Esenciales			10 a 100 pg			Degradación de la pared celular, dañando el citoplasma, membrana
EVALUACIÓN DE <i>Trichoderma harzianum</i> Rafai Y DOS EXTRACTOS VEGETALES EN MORA, FRESA Y TOMATE EN POST-COSECHA,	Extractos Vegetales	Hierba buena Hierba Luisa	<i>Aspergillus</i> <i>Botrytis</i> <i>Penicillium</i>				

CONTRA <i>Botrytis</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., y <i>Penicillium</i> sp							
Application of an oregano oil nanoemulsion to the control of foodborne bacteria on fresh lettuce	Aceites Esenciales	Orégano	<i>Listeria monocytogenes</i> <i>Salmonella Typhimurium</i> <i>Escherichia</i>	625 µl / L	1 min		Rotura de la membrana por los compuestos lipofílicos
Actividad antimicrobiana de cáscaras y semillas de Citrus limonia y Citrus sinensis	Cascaras y semillas	Limón, Naranja	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Phytophthora cinnamoni</i> <i>Rhizopus oryzae</i>	5 a 6 mg/ml	5 min	Material Vegetal Seco y molido	Disminución en el crecimiento del micelio, daños micromorfológicos en sus estructuras, inhibición completa en su desarrollo
Antimicrobial Activity of Some Essential Oils—Present Status and Future Perspectives	Aceites Esenciales	Orégano	<i>E. coli</i> <i>S.aureus</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>			Nanoencapsulación	Colapso repentino de la integridad de la membrana citoplásmica bacteriana provocando la fuga de componentes intracelulares vitales

Aplicación de aceites esenciales de orégano (<i>Origanum vulgare</i>) y tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>) en cuatro tipos de hortalizas: col de repollo (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> cv. bronco), col morada (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> f. <i>rubra</i>), lechuga Iceberg tipo Salinas (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i>) y espinaca (<i>Spinacia oleracea</i>) para disminuir la carga microbiológica patógena.	Aceites Esenciales	Tomillo	<i>mesófilos</i> <i>totales, mohos,</i> <i>Coliformes</i> <i>totales,</i> <i>Salmonella,</i> <i>S. aureus</i>	0,025%	7 min		
Decontamination of Microorganisms and Pesticides from Fresh Fruits and Vegetables: A Comprehensive Review from Common Household Processes to Modern Techniques	Aceites	Orégano	<i>S. enterica</i> <i>S. typhimurium</i>	25 – 75 ppm	5 min	Microencapsulación	

Elaborado por: Luis Colcha

Para proponer los protocolos para frutas y hortalizas se ha realizado una revisión minuciosa de distintos artículos científicos consultados, consiguiendo de esta manera centrarnos en las zanahorias y tomates como hortalizas y frutas a utilizar. Es por ello por lo que se han considerado las zanahorias y tomates para la proposición de dichos protocolos puesto que sus características organolépticas no cambian, al momento de entrar en contacto con el agente microbica según Gutiérrez et al., 2009, que en este caso se utilizará el aceite de orégano ya que dentro de su composición se encuentran el carvacrol y timol, dichos compuestos ayudan a la inhibición del crecimiento microbiano, ya que destruyen fluidos vitales de dichos microorganismos.

En los diferentes artículos que se utilizaron se pudo observar y constatar que otras frutas como hortalizas presentaban alteraciones en sus características organolépticas de diferentes productos mínimamente procesados, dentro de las frutas que se encuentra el kiwi, melón, frutilla, mora, manzana, pimienta entre otras, de la misma forma se encontró que existían cambios organolépticos en hortalizas como lechuga, col, apio. (Patrignani, et al., 2015)

El aceite esencial de orégano es un buen inhibidor de microorganismos la composición del aceite dependerá de algunos factores como la época y tiempo ideal de recolección, mediante literatura se pudo conocer que este debe alcanzar una altura de 45 a 55 cm de Yilmaz y Jasinskas, 2016, en donde los principales compuestos mayoritarios encontrados son el timol con 11,9% y el carvacrol en 1,7%, siendo estos dos los principales componentes que ayudan a la inhibición de microorganismos patógenos encontrados en alimentos mínimamente procesados. (Carhuallanqui, et al., 2020)

Tabla 10. *Composición química del orégano*

Componente		%	Tiempo de Retención(min)
1	α -Tujeno	0,77	13,08
2	α -Pineno	0,52	13,38
3	Sabineno	4,44	14,64
4	β -Pineno	0,23	14,87
5	β -Mirceno	1,44	15,01
6	α -Felandreno	0,32	15,72
7	α -Terpineno	5,57	16,06
8	o-Cimeno	2,73	16,3
9	1-metil-5-(1-metiletenil)-Ciclohexeno	1,98	16,47
10	β -cis-Ocimeno	0,16	16,85

11	γ -Terpineno	11,8	17,37
12	1-metil-4-(1-metiletiliden)-Ciclohexeno	1,57	18,25
13	β -Linalool	0,81	18,57
14	Cis- β -Terpineol	20,68	18,82
15	Trans-1-metil-4-(1-metiletil)-2-Ciclohexen-1-ol	1,39	19,53
16	L-4-terpineol	10,09	21,3
17	α -Terpineol	2,5	21,69
18	Timol	11,9	24,24
19	Carvacrol	1,7	24,51
20	β -Cariofileno	3,31	28,21

Fuente: (Carhuallanqui, et al., 2020)

El estudio de diversos extractos vegetales realizados sobre la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales encontrándose dentro de estos como el principal el aceite esencial de orégano, ya que al presentar una actividad microbicida contra diferentes microorganismos como gran positivos y negativos como; *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Yersinia enterocolitica*, *Enterobacter cloacae*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, y *Bacillus subtilis*. (Dorman y Deans, 2000)

DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE DESINFECCIÓN PARA ZANAHORIAS

Recepción de la materia prima:

Se receptan las zanahorias

Seleccionar/Clasificar:

Se realiza una selección de las zanahorias que no están en condiciones favorables, es decir que no estén completamente maduras o tengan algún tipo de pudrición o condición no favorable.

Lavar:

Se lo debe realizar con abundante agua destilada, con el fin de eliminar residuos de tierra, arena, etc. De esta manera se consigue reducir la carga microbiana presente

Pelar y Cortar:

El pelado se lo realiza con un cuchillo de acero inoxidable y su cortado se lo realiza en forma de rodajas con un grosor de 0,5 cm.

Desinfectar:

La desinfección se lo realiza mediante la inmersión de las rodajas en una solución de aceite de orégano con una concentración del 250 ppm diluida en agua destilada, estas rodajas deben

estar sumergidas en la solución y a vez deben ser agitadas suavemente por un tiempo de 2 minutos.

Enjuagar:

Enjuagar las rodajas de zanahorias con agua destilada por un tiempo de 1 minuto.

Secar:

Secar las rodajas de zanahorias por medio del método de centrifugación por un tiempo de 6 minutos a una temperatura ambiente (20-25°C).

Empacar:

Se las coloca en bolsas de polipropileno las mismas que deben ser de un tamaño de 20x25 cm y un grosor de 35 µm ya que dentro de las mismas se envasaran 50 g del producto.

Cerrar:

Una vez colocado el producto se sellarán las bolsas usando un sellador por impulso de calor.

Almacenar:

Se debe conservar en refrigeración a una temperatura de 4°C.

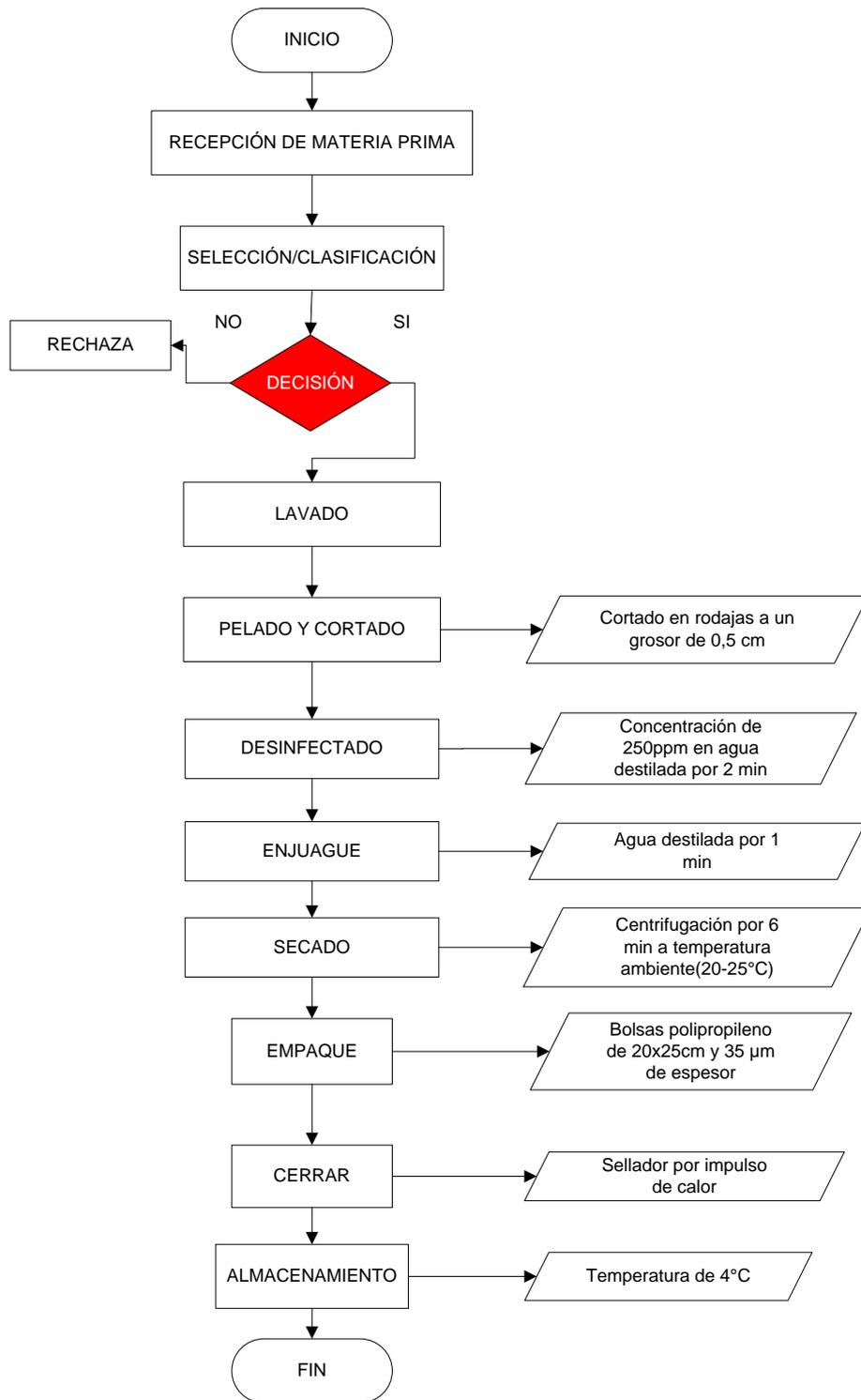


Figura 2. Protocolo para zanahorias (*Daucus carota*)
Fuente: Elaborado por el autor

DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO PARA TOMATES

Recepción de la materia prima:

Se reciben los tomates

Seleccionar/Clasificar:

Se realiza una selección de los tomates que no están en condiciones favorables, es decir que no estén completamente maduros o tengan algún tipo de pudrición o condición no favorable.

Lavar:

Se lo debe realizar con abundante agua corriente de grifo por un tiempo de un minuto. De esta manera se consigue reducir la carga microbiana presente.

Desinfectar:

La desinfección se realiza mediante la inmersión de los tomates enteros en una solución de aceite de orégano con una concentración del 100 ppm diluida en agua destilada. Los tomates deberán estar sumergidos en la solución por un tiempo de 5 minutos.

Secar:

Secar los tomates medio de ozono durante un tiempo de 1-3 minutos.

Empacar:

Se las coloca en el envase que se desea para su posterior expendio y almacenamiento.

Almacenar:

Se debe conservar en refrigeración a una temperatura de 8°C.

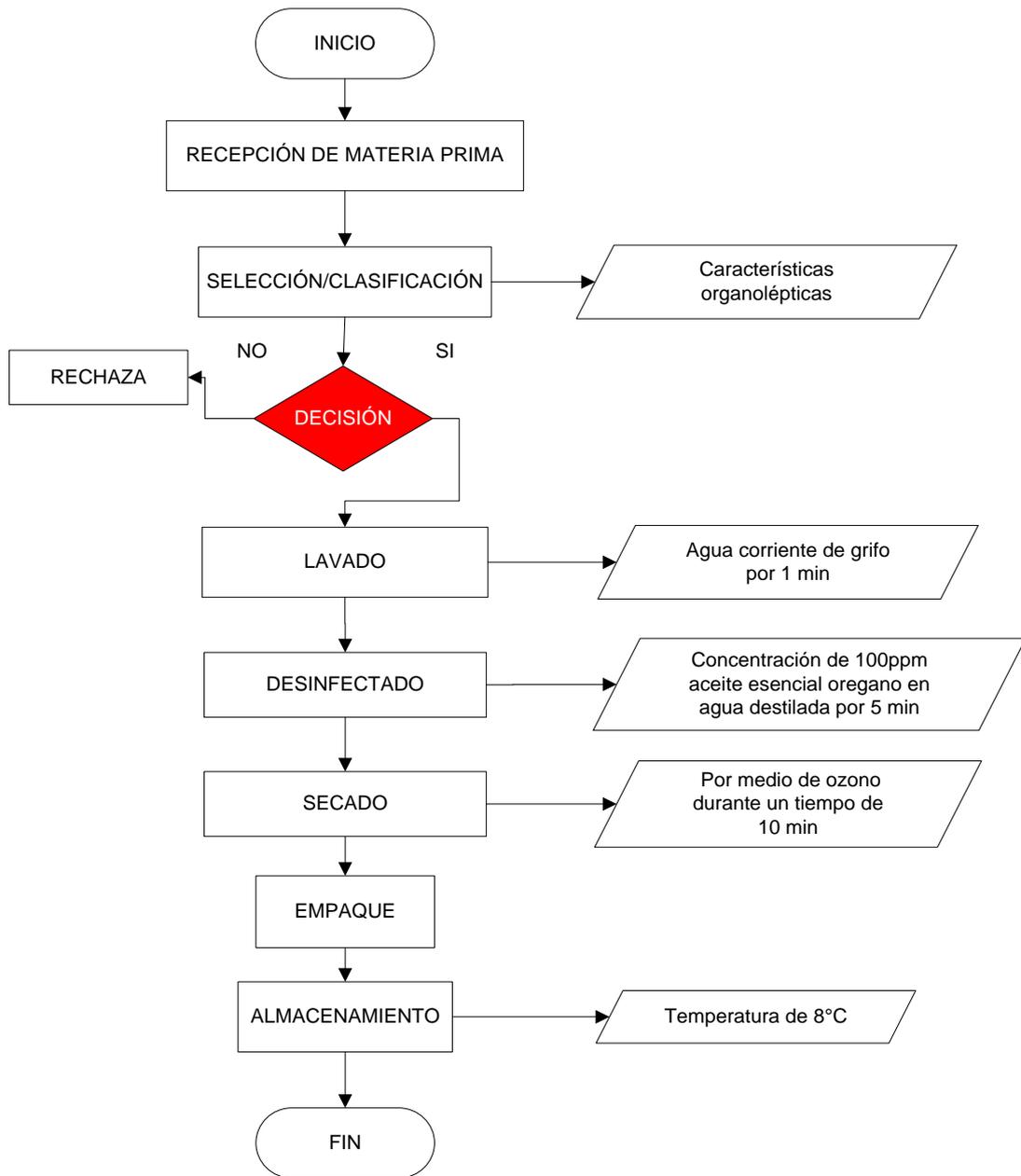


Figura 3. Protocolo para tomate (*Solanum lycopersicum*)

Fuente: Elaborado por el autor

4.2. DISCUSIÓN

Mediante las revisiones empleadas en los diferentes años dentro de un intervalo que va desde el año 2014 hasta el año actual 2020 se pudo determinar que de los 13 artículos analizados la mayoría de ellos se encuentran en el intervalo desde el 2014 hasta el 2017 pudiendo decir que se han realizado más investigaciones dentro de estos años, es por eso que no se tiene mucha información relacionada con la desinfección de frutas y hortalizas mediante la utilización de agentes antimicrobianos de origen vegetal. A su vez tras analizar varios artículos se pudo conocer que existieron diversos cambios organolépticos en diferentes frutas y hortalizas que fueron utilizadas en varias investigaciones dentro de las cuales se utilizaron aceites esenciales, por lo que tras existir diversos cambios en su estructura se dejó su investigación y no se continuo con las mismas.

De los artículos revisados que se encontraron en varios buscadores el que tuvo mayor realce fue Google académico con un 62%, seguido con un 31% ProQuest y finalmente 8% Scielo, dicha información obtenida se encuentra con más relevancia dentro del país de India. Es por lo que se pudo conocer información relacionada con el tema de interés los mismos que nos ayudaron a la realización de un protocolo con la información obtenida.

Para la desinfección e inhibición de microorganismos patógenos 11 de estas revisiones utilizaron aceites esenciales, siendo el agente antimicrobiano vegetal más utilizado el de orégano en un 85%, a su vez dentro de esta revisión no tuvieron mucha utilización el tomillo, la naranja y la hierbaluisa.

Se escogió el aceite esencial de orégano porque es el agente vegetal más utilizado encontrado dentro de los artículos científicos analizados y también debido a que este aceite presenta un alto índice de inhibición de los microorganismos *E. coli*, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes* asociados a toxiinfecciones alimentarias. La inhibición de las bacterias se produce dado a que la membrana de las bacterias se hace más permeable mediante la degradación de la pared celular debido a la impregnación de los dominios hidrofóbicos produciendo el deterioro del citoplasma, ocasionando que la mayoría de estos agentes sufran daños micro morfológicos por la fuga de componentes intracelulares vitales, evitando el crecimiento y desarrollo de dichos agentes microbianos. (Bagamboula, Uyttendaele, y Debevere, 2004; Bajpai, Baek, y Kang, 2012; Friedly et al., 2009; Li et al., 2011)

Los aceites esenciales presentan actividad microbicida y antioxidante que dependerá del estado fisiológico de la planta del que se extrae, de la forma en la que sea extraída o los diferentes componentes al momento de ser utilizado es por ello que se deben controlar estos parámetros para obtener aceites esenciales. (Starliper et al., 2015)

A pesar de que los aceites esenciales presentan un probado gran potencial antimicrobiano y antioxidante para la conservación y desinfección de los alimentos, se ha visto que pueden presentar algunos inconvenientes dentro de estos se encuentra su alta volatibilidad lo que ocasionaría problemas al momento de la desinfección ya que se podría concentrar estos olores en los alimentos o en su empaque. (Tongnuanchan et al., 2014)

De los estudios que fueron parte de esta revisión sistemática sobre la utilización de aceites esenciales son 13 los encontrados desde el año 2014. No existe un modelo o protocolo específico estandarizado que nos ayude dentro del procesamiento de alimentos, sin embargo, se pudo conocer que en estudios a nivel de laboratorio presentan una alta actividad antimicrobiana en los alimentos gracias a los componentes que están presentes dentro de su estructura química siendo los compuestos (carvacrol, timol, cariofileno y *p*-cimeno) aquellos que se reportan tienen mayor actividad antimicrobiana. (Nychas et al., 2003)

De los 13 artículos analizados, 11 de los mismos nos hablan de una utilización de aceites esenciales, siendo el orégano el agente microbicida más utilizado dentro de la desinfección y/o conservación de frutas y hortalizas ya que presenta un efecto benéfico para el control de microorganismos patógenos tales como; *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *S.typhimurium*, *S. enterica* siendo estos los principales microorganismos causantes de enfermedades de transmisión alimentaria.

Se determinaron dos protocolos después de analizar los artículos científicos relevantes para esta investigación, se propusieron dos protocolos uno para frutas y otro para hortalizas. Se analizaron las concentraciones utilizadas en las investigaciones consultadas y de ahí se propone una concentración adecuada de desinfección para tomates de 25 a 2000ppm, donde se conoció que la concentración óptima para la inhibición de microorganismos en tomates fue de 100ppm ya que existió una reducción de más de 3,29 log ufc/ml de *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* y *E. coli* O157: H7. (Gunduz et al., 2010)

Para proponer el protocolo para zanahorias se determinó que en los artículos científicos consultados se ha utilizado un rango de concentración que varía de entre 150 a 500 ppm

donde y se pudo conocer que la concentración más óptima para la inhibición de microorganismos en zanahorias fue de 250ppm, se escogió este valor puesto que en los artículos científicos consultados se realizaron análisis microbiológicos y pruebas de aceptabilidad por catadores capacitados obteniendo como resultado la concentración óptima para su aplicación, evitando que exista algún cambio tanto en la estructura física, como en sus características organolépticas. (Gutiérrez et al., 2009)

La revisión de diferentes artículos nos ayudó a obtener como dato importante que de todos los microbicidas de origen vegetal encontrados durante la presente revisión el más utilizado es el aceite esencial dentro de los cuales se tomaron en cuenta diferentes variedades como tomillo, canela, romero y orégano siendo este el más usado en la industria alimentaria, por su gran utilidad al momento de la eliminación e inhibición de microorganismos ya que este posee compuestos como el timol y carvacrol los mismos que ayudan a la destrucción de las funciones o partes vitales de los microorganismos, dependiendo del tiempo y concentración al que sean expuestos estos alimentos mínimamente procesados.

Los alimentos mínimamente procesados en el caso de frutas y hortalizas que fueron usados en la presente investigación se deben a que, en diversos artículos, se alteró su forma natural sin embargo conservaban similares características organolépticas que en un estado fresco, por lo que se los considera como productos de consumo directo, es por ello que mediante la utilización del aceite esencial de orégano se busca garantizar la inocuidad de algunos alimentos que contengan un proceso pequeño, por lo que se tomaron como muestra en esta tesis a tomates así como a zanahorias, los cuales deben ser empacados con el fin de alargar más la vida útil, mediante la utilización de un sellado al vacío evitando la proliferación de microorganismos. (McManamon, 2016)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Mediante la revisión sistemática de diversos artículos se pudo llegar a la conclusión de que dentro de los principales componentes de los agentes antimicrobianos de origen vegetal se encuentra el timol y carvacrol, siendo estos dos los principales componentes con efecto microbicida que ayudan a la inhibición de los microorganismos patógenos, tales como *E. coli*, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*, los mismos que ocasionan enfermedades por la ingesta de frutas y hortalizas contaminadas.

Mediante la realización de la matriz de comparación después de revisar 13 artículos científicos se determinó que el aceite esencial de orégano es el compuesto más utilizado; contiene carvacrol y timol como inhibidores microbianos, que generan un colapso repentino de la integridad de la membrana citoplasmática bacteriana provocando la fuga de componentes vitales y de esa forma ejerciendo su efecto microbicida.

Se plantean dos protocolos uno para zanahorias y el otro para tomates utilizando 250ppm y 100ppm como concentración del aceite esencial de orégano disuelto en agua destilada estéril, con un tiempo de exposición de 2 y 5 minutos respectivamente obteniendo alimentos inocuos sin alterar alguna de sus características organolépticas.

5.2 Recomendaciones

Debemos tener en cuenta que los aceites esenciales al presentar una gran volatilidad pueden cambiar las características organolépticas tanto de frutas como verduras si no se tiene un control adecuado sobre su aplicación, concentración.

Se recomienda la utilización de fracciones libres y purificadas de los aceites esenciales como el carvacrol para disminuir el cambio en características organolépticas en frutas y hortalizas.

Realizar pruebas microbiológicas en laboratorio de las concentraciones planteadas en el presente estudio para determinar el efecto microbicida del aceite esencial de orégano en frutas y hortalizas y posterior catación con una muestra relevante para determinar si se da o no el cambio en las características organolépticas.

Probar las concentraciones en otras frutas y hortalizas (frutilla, lechuga, mora, espinaca, col, etc.) para así determinar si hay cambios o no de las características organolépticas.

Probar un mayor rango de concentraciones de aceite esencial de orégano en laboratorio para determinar la inhibición de microorganismos patógenos de forma experimental y posteriormente industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroes. (2005). Zanahoria, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico. Obtenido de <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/zanahoria/434-zanahoria-descripcion-morfologia-y-ciclo>
- Álvarez, P. (2006). Uso de agentes antimicrobianos para la conservación de frutas. Disponible en: http://www.ciad.mx/dtaov/XI_22CYTED/images/files_pdf/brasil/olga.pdf
- Alzamora, S. (1997). Preservación. Alimentos conservados por factores combinados. En: J.M. Aguilera (Ed.). Temas en tecnologías de Alimentos.1. México. CYTED.IPN. P. 45-48.
- Alzamora, S., Guerrero, S., Nieto, A., & Vidales, L. (2004). FAO. Italia. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y5771s/y5771s00.htm#Contents>
- Asturias. (2015). Frutas, verduras y derivados. OpenCms, 1.
- Aziz, M., & Karboune, S. (2016). Agentes antimicrobianos / antioxidantes naturales en productos cárnicos y avícolas, así como en frutas y verduras. Taylor & Francis Online, 489.
- Bajpai, V., Baek, K., & Kang, S. (2012). Control of Salmonella in foods by using essential oils: a review. Food Research International, 45, 722-734.
- Barahona, M. (2003). Manual de horticultura; Quito-Ecuador; pp 47-51.
- Betelgeux. (2014). Christeysn Food Hygiene. Obtenido de https://www.betelgeux.es/images/files/Documentos/Articulo_boletin_Desinfectantes_y_Modo_de_accion_en_IIAA.pdf
- Beuchat, L. (2001). Control of foodborne pathogens and spoilage microorganisms by naturally occurring antimicrobials. En: Microbial Food Contamination. Wilson CL, S Droby. (Ed.). CRC Press. London, UK. Chap. 11: 149-169.
- Canales, M., Miranda, K., & Portilla, L. (2016). UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/49920992/Extraccion-de-Carotenos-de-La-Zanahoria-Yadocx/>
- Cardona, J., Lopera, G., Montoya, A., Montoya, A., Peña, J., Benavides, J., Restrepo, G. (2006). Extraction of Oleoresin from Sweet Pepper. Scielo, 5.
- Carhuallanqui, A., Salazar, M., & Ramos, D. (2020). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Orégano frente a *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*. *Investigaciones Altoandinas*, 28.

- Carranza, C. (2006). Reacción fenológica y agronómica de dos cultivares de zanahoria (*Daucus carota*) a la inoculación de cepas de micorriza en campo. Sangolquí, Ecuador . Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2590/1/T-ESPE-IASA%20I-003088.pdf>
- Cervantes, E., García, R., Salazar, P. (2014). Características generales del *Staphylococcus aureus*. *Rev Latinoam Patol Clin Med Lab*; 61(1): 28-40.
- Chavarrías, M. (2006). Eroski Consumer. Obtenido de <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/antimicrobianos-naturales-y-conservacion-de-alimentos.html#:~:text=Los%20antimicrobianos%20naturales%2C%20compuestos%20con,inalterable%20la%20calidad%20del%20alimento>
- Chuquitarco, M. (2014). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8443/1/AL%20542.pdf>
- Condori, C. (2014). Deterioro y Conservación de Alimentos. Arequipa.
- Conner, D. (1993). Naturally occurring compounds. In P. Davidson & A. Branen (eds). *Antimicrobial in foods* (pp. 441-468). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Davidson, M. (2001). Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds. En: *Food Microbiology: and Fundamentals and frontiers*, 2 Ed. Doyle MP, LR Beuchat, TJ Montville (Eds.). ASM Press, Washington, D.C., USA. Chap. 29: 593-627
- Davidson, M. & Branen, L. (1993). *Antimicrobials in Foods*. Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 95-136.
- Defilippi, B. (2009). Postcosecha de frutas y hortalizas. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Donato, A. (2007). *Enfermedades Alimentarias*. Obtenido de <http://salud.bioetica.org/enfalimentarias.htm>
- Dorman, H., Deans, S. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 88 (2), 308–316.
- FAO. (1989). Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Parte II. Control de calidad, almacenamiento y transporte. 83 págs.
- FAO. (2016). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. 23. Obtenido de <http://www.eltelegrafo.com.ec/images/cms/DocumentosPDF/2016/INFORMEFAO.pdf>
- FAO & OMS. (2011). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i2085s.pdf>

- FDA. (2019). Science and Our Food Supply. 34.
- Fueyo, J. 2005. Frecuencia y tipos de toxinas superantígenos en *Staphylococcus aureus* de diferentes orígenes: relaciones con tipos genéticos. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.
- Gimferrer, N. (2008). Consumer. Obtenido de <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-agua-en-los-alimentos.html>
- Gómez, C., & Castro, J. (2015). México Patente nº WO2015088306A1. Obtenido de <https://patentimages.storage.googleapis.com/f1/e3/a8/e0a21281e1bc05/WO2015088306A1.pdf>
- Gómez, L. (2016). *Vid Mexicana*. Recuperado el 07 de agosto de 2020, de <https://www.vidmexicana.com/blogs/hablemos-de-vinos/que-es-un-compuesto-fenolico>
- Gunduz, G.T., Gonul, S.A., & Karapinar, W. (2010). Efficacy of oregano oil in the inactivation of *Salmonella typhimurium* on lettuce. *Food Control*, 21, 513–517.
- Herrera, C. Bolaños, N, Lutz, G. 2003. Química de los Alimentos. I. México, 142 pag.
- Holdsworth, D. (1988). Conservación de frutas y hortalizas, Acribia, España.
- Hutton, B., Catalá, F., & Moher, D. (31 de Marzo de 2016). Cochrane Iberoamérica. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-pdf-S0025775316001512>
- INFOAGRO. (2019). Deterioro de frutas y hortalizas en post-cosecha. México.
- Inouye, S., Uchida, K., & Abe, S. (2006). Vapor activity of 72 essential oils against a *Trichophyton mentagrophytes*. *Journal of Infection and Chemotherapy*. 12 (4):210-216
- Klintsy, T. (2008). Seguridad Biológica. Mexico. Obtenido de <https://seguridadbiologica.blogspot.com/2016/07/hipoclorito-de-sodio-como-agente.html#:~:text=Para%20la%20desinfecci%C3%B3n%20de%20l%C3%ADquidos,Dejar%20reposar%20durante%2030%20minutos.>
- Li, M., Muthaiyan, A., O'Bryan, C. A., Gustafson, J. E., Li, Y., Crandall, P. G., & Ricke, S. C. (2011). Use of natural antimicrobials from a food safety perspective for control of *Staphylococcus aureus*. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 12, 1240-1254.
- Loring, C. (2017). Todo lo que debes saber sobre los conservantes alimentarios. *La Vanguardia*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/vivo/nutricion/20170419/421819481949/conservantes-alimentos-necesarios.html#:~:text=en%20algunos%20casos.->

- ,Los%20conservantes%20son%20un%20aditivo%20que%20buscan%20preservar%20un,m%C3%A1s%20tiempo%20evitando%20su%20deterioro%E
- López, A, Palou, E., León, R. y Alzarnora S. 2005. Mixtures of natural and synthetic antifungal agents. *Advances in Food Mycology*. 571 (4): 261-286.
- Matthews, K.(2008). Los microorganismos asociados a las frutas y a las verduras. En: *Microbiología de frutas y verduras*. Zaragoza: Ed. Acribia, S.A.
- McManamon, O. (2016). *University of Limerick*. Obtenido de https://ulir.ul.ie/bitstream/handle/10344/6590/McMamamon_2016_control.pdf?sequence=6
- Moragas, M. & Bustos, P. (2015). Obtenido de [http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/sanidad_alimentaria/es_1247/adjuntos/Normas%20microbiol%C3%B3gicas%20de%20los%20alimentos%20\(Enero%202014\).pdf](http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/sanidad_alimentaria/es_1247/adjuntos/Normas%20microbiol%C3%B3gicas%20de%20los%20alimentos%20(Enero%202014).pdf)
- Mossel, D. & Igram, M. (1995). The Physiology of the Microbial Spoilage of Foods. *J. Appl. Bacteriol.*, 18:232. Citado en: Alzamora, S.M. 1997. Preservación. Alimentos conservados por factores combinados. En: J.M. Aguilera (Ed.). *Temas en tecnologías de Alimentos.1*. México. CYTED.IPN.P. 45-48.
- Nataro, J, Kaper J. (1998). Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clin Microbiol Rev*. 11(1): 142-201.
- NTS. (2008). *Criterios Microbiológicos De Calidad Sanitaria e Inocuidad Para Los Alimentos Y Bebidas De Consumo Humano*. Lima, Perú
- Nychas, J. (1995). Natural Antimicrobials from plants. En: *New Methods of food preservation*. G.W. Gould (Ed.). Blakie Academia y Professional. Glasgow. p. 1-21. Citado en: Welti-Chanes, J., Vergara-Balderas, F., y López-Malo, A. 1997. Minimally Processed foods state of the Art and Future. En: P. Fito., E. Ortega-Rodriguez y G. Barbosa-Canovas (Eds.). *Food Engineering 2000*. E.U.A. Chapman y Hall. pp. 181-212
- Patrignani, F., Siroli, L., Serrazanetti, D. I., Gardini, F., & Lanciotti, R. (2015). Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 46(2), 311-319.
- Parzanese, M. (2012). Vegetales mínimamente procesados. *Alimentos Argentinos*, 55, 31-39.

- Petrone, V., (2006). La principal causa de deterioro de los alimentos es el ataque por diferentes tipos de microorganismos. Disponible en: <http://es.geocities.com/picodelobo/conservantes.html>
- Pérez, R. (2018). Los agentes conservadores de alimentos más utilizados en el mercado. Obtenido de <https://medium.com/@rp7529632/los-agentes-conservadores-de-alimentos-m%C3%A1s-utilizados-en-el-mercado-b5f947bb8bd#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20los%20conservantes%20de%20alimentos,%C3%81cido%20S%C3%B3rbico%2C%20%C3%81cido%20Benzoico>.
- Rache, A., y González, G. (2012). *MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS HIGIÉNICAS PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS*. Bogotá, Colombia: Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/309397262_Manual_de_buenas_practicas_higienicas_para_la_industria_de_alimentos
- Rodríguez, E. (2011). Natural Antimicrobial Agent Use in the Preservation of Fruits and Vegetables. *Ra Ximhai*. 7.
- Rodríguez, E. (2011). Uso de Agentes Antimicrobianos Naturales en la Conservación de Frutas y Hortalizas. *Ra Ximhai*, 153.
- Starliper, C., Kelota, H., Noyes, A., Schill, W., Henson, F. Dittman, D. (2015). An investigation of the bactericidal activity of selected essential oils to *Aeromonas* spp. *Journal of Advanced Research*; 6: 89-97. doi: 10.1016/j.jare.2013.12.007
- Tajkarimi, M., Ibrahim, S. and Cliver, D. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control* 21: 1199-1218.
- Tiwari, B., Valdramidis, V., O'Donnell, C., Muthukumarappan, K., Bourke, P. and Cullen, J. (2009). Application of natural antimicrobials for food preservation. *J. Agric. Food Chemistry*. 57: 5987-6000.
- Tongnuanchan, P., Benjakul, S. (2014). Essential Oils: Extraction, Bioactives, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science*; 79(7):1231-1249.
- Vecchi, B. (2020). *El Productor*. Obtenido de <https://elproductor.com/mecanismos-de-accion-de-los-acidos-organicos/>
- Zúñiga, P. (2014). Manual de Producción Orgánica de Semillas De Hortalizas. DSPACE, 17.