



unl

Universidad
Nacional
de Loja



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LECHUGA EMPACADA EN LA
PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE
LOJA.

Tesis de Grado Previa a la
Obtención del Título de
Ingeniera Agrícola.

Gema Cristina Palacios Andrade

AUTORA

Ing. Wilson Rolando Chalco Sandoval Ph.D

DIRECTOR:

LOJA – ECUADOR

2020



Certificación del director de tesis

Ing. Wilson Rolando Sandoval Ph.D.

**DOCENTE DE LA FACULTAD AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

CERTIFICA:

En calidad de director de la tesis titulada **“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LECHUGA EMPACADA EN LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA”**, de la autoría de la señorita egresada de la carrera de Ingeniería Agrícola Gema Cristina Palacios Andrade, ha concluido de acuerdo al cronograma aprobado y autorizo se continúe con el trámite de graduación.

Loja, 10 de diciembre de 2019



Ing. Wilson Rolando Chalco Sandoval Ph.D

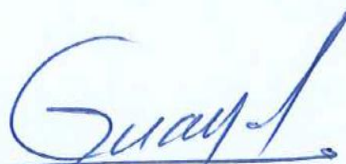
DIRECTOR DE TESIS

Certificación del tribunal de grado

El tribunal calificador de la tesis, **DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LECHUGA EMPACADA EN LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA**, de autoría de la señorita Gema Cristina Palacios Andrade, egresada de la Carrera de Ingeniería Agrícola, certificamos que se ha incorporado al trabajo final de tesis, las sugerencias, las sugerencias respectivas. Por lo que autorizamos la impresión y publicación.

Loja, enero del 2020

Atentamente;



M.Sc Pedro Manual Guaya Pauta

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



M.Sc Luis Sívicas Caraguay

VOCAL DEL TRIBUNAL



M.Sc Noheми del Carmen Jumbo

VOCAL DEL TRIBUNAL

Autoría

Yo, **Gema Cristina Palacios Andrade** declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autora: Gema Cristina Palacios Andrade

Firma: 

Cédula: 1150454161

Fecha: Loja, enero del 2020

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

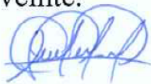
Yo, Gema Cristina Palacios Andrade declaro ser autora de la tesis titulada: **DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LECHUGA EMPACADA EN LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE LOJA**, como requisito para optar al grado de Ingeniera Agrícola, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los nueve días del mes de enero del dos mil veinte.

Firma:



Autor: Gema Cristina Palacios Andrade

Cédula: 1150454161

Dirección: Sauces Norte

Correo electrónico: gemacristip@hotmail.es

Celular: 0986663388

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Wilson Chalco Sandoval Ph.D

Tribunal de grado: Ing. Pedro M. Guaya Mg. Sc. (Presidente)

Ing. Noemi C. Jumbo Mg. Sc. (Vocal)

Ing. Luis F. Sivisaca Mg. Sc. (Vocal)

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento primeramente a Dios quien me lleno de bendiciones, fortaleza y sabiduría para culminar una de las etapas más importantes de mi vida.

A mis padres y hermanos que han sido mi motivación en todo momento, y quienes me han ayudado no solo económicamente, sino también con sus palabras de aliento, dedicación y cuidados; confiando y apoyándome en cada una de mis decisiones.

A mis maestros por haber compartido sus conocimientos en aras de volverme buena profesional, en especial quiero agradecer al Dr. Wilson Chalco por sus consejos y asesoría acertada durante la realización de mi tesis.

Dedicatoria

A mis padres Wilmer Palacios y Esperanza Andrade, por ser el pilar fundamental de mi vida, por todo el sacrificio y esfuerzo que hicieron, para permitirme alcanzar cada uno de mis objetivos, y por el amor con que me aconsejaban cuando más lo necesitaba.

A mis hermanos quienes me apoyaron en cada uno de mis aciertos y desaciertos, ayudándome en cualquier dificultad que se me presentaba a lo largo de esta carrera y por alentarme para no rendirme jamás.

A mis cuñadas por sus palabras de motivación y a mis sobrinos por el cariño que me brindan siempre.

Gema Palacios

Contenido	Pág.
Certificación del director de tesis	II
Certificación del tribunal de gradpo	III
Autoría.....	IV
Carta de autorización	V
Agradecimiento.....	VI
Dedicatoria.....	VII
Contenido.....	VIII
Índice de tablas	XII
Índice de figuras	XIII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Hortalizas	3
2.2. Lechuga.....	3
2.2.1. Lechuga mac o criolla.....	5
2.2.2. Lechuga batavia.	5
2.3. Poscosecha	6
2.3.1. Poscosecha en lechuga.....	7
2.3.1.1. Selección.	7
2.3.1.2. Lavado.....	7
2.3.1.3. Desinfección.....	8
2.3.1.3.1. Compuestos clorados.	8
2.3.1.3.2. Ozono.	9

2.3.1.3.3.	<i>Aceite esencial</i>	10
2.3.1.4.	<i>Secado</i>	11
2.3.1.5.	<i>Envasado</i>	11
2.3.1.5.1.	<i>Film</i>	12
2.3.1.5.2.	<i>Bandejas</i>	12
2.3.1.6.	<i>Almacenamiento</i>	13
2.3.1.6.1.	<i>Refrigeración</i>	13
2.4.	Vida útil de las hortalizas.....	13
2.5.	Calidad.....	14
2.5.1.	Análisis organolépticos.....	14
2.5.1.1.	<i>Apariencia</i>	15
2.5.1.2.	<i>Textura</i>	15
2.5.1.3.	<i>Sabor</i>	15
2.5.2.	Análisis físico químico.....	16
2.5.2.1.	<i>Humedad</i>	16
2.5.2.2.	<i>Proteína</i>	16
2.5.2.3.	<i>Carbohidratos</i>	17
2.5.2.4.	<i>Lípidos</i>	17
2.5.2.5.	<i>Cenizas</i>	17
2.5.3.	Análisis microbiológicos.....	17
2.5.3.1.	<i>Coliformes totales</i>	18
2.5.3.2.	<i>Escherichia coli</i>	18
2.5.3.3.	<i>Mohos y levaduras</i>	18
2.5.4.	Métodos de detección.....	19
2.5.4.1.	<i>Examen directo</i>	19

2.5.4.2.	<i>Técnicas de cultivo</i>	19
2.5.4.3.	<i>Recuento de microorganismos</i>	19
2.5.4.4.	<i>Las placas petrifilm</i>	19
2.6.	Alteraciones que presenta la lechuga en su almacenamiento	20
2.6.1.	Marchitamiento	20
2.6.2.	Pardeamiento enzimático	20
2.7.	Costos de producción	21
2.7.1.	Costos fijos	21
2.7.2.	Costos variables	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1.	Ubicación	22
3.2.	Materiales	23
3.2.1.	Materiales y equipos de laboratorio	23
3.2.2.	Reactivos de laboratorio	23
3.2.3.	Insumos	23
3.2.4.	Materiales y equipos de oficina	24
3.3.	Diseño estadístico	24
3.4.	Metodología	24
3.4.1.	Metodología para el primer objetivo	24
3.4.1.1.	<i>Definición de la variedad de lechuga</i>	24
3.4.1.2.	<i>Pruebas preliminares de tipos y concentración de desinfectantes</i>	24
3.4.1.2.1.	<i>Selección</i>	27
3.4.1.2.2.	<i>Lavado</i>	27
3.4.1.2.3.	<i>Desinfección</i>	27
3.4.1.2.4.	<i>Secado</i>	31

3.4.1.2.5.	<i>Envasado</i>	31
3.4.1.2.6.	<i>Almacenamiento</i>	31
3.4.1.3.	<i>Análisis organoléptico de las pruebas preliminares.</i>	31
3.4.1.4.	<i>Establecimiento de los desinfectantes definitivos.</i>	32
3.4.1.5.	<i>Pruebas definitivas con los tratamientos establecidos.</i>	32
3.4.1.5.1.	<i>Análisis organolépticos.</i>	32
3.4.1.5.2.	<i>Análisis físico – químico.</i>	32
3.4.1.5.3.	<i>Análisis microbiológicos.</i>	34
3.4.2.	Metodología para el segundo objetivo.....	34
3.4.3.	Metodología para el tercer objetivo	35
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1.	Establecimiento de los parámetros óptimos de desinfección.....	36
4.1.1.	Definición de las variedades de lechuga.....	36
4.1.2.	Pruebas preliminares de tipos y concentración de desinfectantes	36
4.1.3.	Establecimiento de los desinfectantes definitivos.....	41
4.1.4.	Resultados de los análisis organoléptico, físico-químico y microbiológico de los tratamientos definitivos.....	42
4.1.4.1.	Análisis organoléptico.....	43
4.1.5.	Análisis físico – químico.	47
4.1.6.	Análisis microbiológico	51
4.2.	Definición de la vida útil de los tratamientos definitivos considerando los resultados de los análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos.....	55
4.3.	Determinación de los costos de producción del mejor tratamiento.	58
5.	CONCLUSIONES	61
6.	RECOMENDACIONES.....	62

7.	BIBLIOGRAFÍA	63
8.	Anexos	71
8.1.	Anexo 1	71
8.2.	Anexo 2.....	73
8.3.	Anexo 3.....	73
8.4.	Anexo 4.....	76
8.5.	Anexo 5.....	77

Índice de Tablas

Tabla 1	Variedades de lechuga	4
Tabla 2	Valor nutritivo de la lechuga por 100 gramos de hoja fresca	6
Tabla 3	Escala hedónica.....	15
Tabla 4	Tratamientos de desinfección aplicados a las lechugas en repollo y en hoja	25
Tabla 5	Volúmenes de hipoclorito a utilizar para preparar las soluciones desinfectantes.....	28
Tabla 6	Volúmenes de aceite esencial de tomillo para preparar soluciones desinfectantes	29
Tabla 7	Volúmenes de aceite esencial de orégano para preparar soluciones desinfectantes	30
Tabla 8	Concentraciones de ozono a utilizar para preparar soluciones desinfectantes	31
Tabla 9	Resultados del análisis organoléptico vs tiempo de almacenamiento de las pruebas preliminares de lechuga en repollo	37
Tabla 10	Resultados del análisis organoléptico vs tiempo de almacenamiento de las pruebas preliminares de lechuga en hoja.....	40
Tabla 11	Resultados del análisis organoléptico vs tiempo de almacenamiento de las tratamientos definitivos de lechuga en repollo	43
Tabla 12	Resultados del análisis organoléptico vs tiempo de almacenamiento de las tratamientos definitivos de lechuga en hoja.....	45
Tabla 13	Resultados del análisis físico - químico de los tratamientos definitivos de lechuga en repollo	47

Tabla 14	Resultados del análisis físico - químico de los tratamientos definitivos de lechuga en hoja.....	49
Tabla 15	Resultados del análisis microbiológico de los tratamientos definitivos de lechuga en repollo	51
Tabla 16	Resultados del análisis microbiológico de los tratamientos definitivos de lechuga en hoja.....	54
Tabla 17	Resultados de los costos de producción para la lechuga en repollo desinfectada con ozono.....	58
Tabla 18	Resultados de los costos de producción para la lechuga en hoja desinfectada con aceite de tomillo	59

Índice de Figuras

Figura 1.	Lechuga mac o criolla	5
Figura 2	Lechuga Batavia	5
Figura 3.	Mapa de ubicación de la parroquia Chuquiribamba.....	22
Figura 4.	Flujograma de proceso poscosecha de lechuga	26
Figura 5	Fórmula para obtener la cantidad de desinfectante a utilizar	27
Figura 6.	Fórmula para obtener el volumen de aceite a utilizar.....	28
Figura 7.	Fórmula para obtener el volumen de aceite a utilizar.....	29
Figura 8.	Fórmula para obtener la concentración de ozono.....	30

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LECHUGA EMPACADA EN LA
PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN LOJA, PROVINCIA DE
LOJA.**

RESUMEN

La desinfección es uno de los procesos más utilizados en el manejo poscosecha para conservar por mayor tiempo la calidad organoléptica y reducir la carga microbiana del producto, tomando en cuenta esto, se planteó el desarrollo de un prototipo de lechuga empacada, aplicando diferentes tipos de desinfectantes, con el propósito de generar valor agregado garantizando la calidad e inocuidad y el mayor tiempo de vida útil del producto; para conseguir esto primero se estableció los tratamientos definitivos (hipoclorito de sodio a 200 ppm – T2, aceite esencial de tomillo a 5 ppm - T3 y ozono a una concentraciones de 20 ppm – T4) para la desinfección en base a los resultados del análisis organoléptico de las pruebas preliminares; segundo, los tratamientos fueron analizados en cuanto a las características de calidad (organolépticas, físico – químicas y microbiológicas) y en base a estos resultados se definió el mejor tratamiento y las condiciones óptimas para la desinfección.

Los resultados muestran que el tratamiento testigo presenta valores de calidad inferiores al resto de tratamientos. En el caso de las lechugas de repollo los tratamientos 2, 3 y 4 presentaron comportamientos similares (sin diferencias estadísticamente significativa) en los atributos organolépticos (apariencia, textura y sabor), composición química (% de humedad, proteína, carbohidratos y lípidos, cenizas y fibra), y presencia de coliformes totales, *Escherichia coli*, mohos y levaduras; sin embargo, el T4 evidenció un mayor tiempo de refrigeración (63 días) que el T2 (35 días) y el T3 (42 días); con estos resultados se definió que el mejor tratamiento para la lechuga en repollo fue el T4, que corresponde a las lechugas desinfectadas con ozono a 20 ppm por un tiempo de inmersión de 10 minutos, conservado las características de calidad durante 63 días; este mismo análisis se realizó para la lechuga en hoja, donde el mejor tratamiento resulto ser el aceite esencial de tomillo a una concentración de 5 ppm durante 5 minutos de inmersión, con el cual se pudo conservar 35 días las características de calidad del producto.

ABSTRACT

Disinfection is one of the most common used processes in the postharvest management in order to conserve for a longer time the organoleptic quality and to reduce the microbial load of the product, taking this into account, the development of the prototype of a packed lettuce was planted, applying different types of disinfectants, with the purpose of generating value-added, guarantying the quality and safety of the product giving it a larger life product. In order to achieve this, first, the definitive treatments were established (200 ppm sodium hypochlorite – T2, 5 ppm thyme essential oil – T 3, and 20 ppm concentrations of ozone – T4) for the disinfection based in the results of the organoleptic analysis of the preliminary tests; second, as for the results, the treatments were analyzed based in the characteristics of quality (organoleptic – physics – chemical and microbiological) based on the results that defined the best treatment and the optimal conditions for disinfection.

The results show that the witness treatment shows quality values that are inferior to the rest of treatments. In the case of the cabbage-lettuce the treatments 2, 3, and 4 presented behaviors of similar nature (with no statistically significant differences) in the organoleptic attributes (appearance, texture and flavor), chemical composition (humidity percentage, protein, carbohydrates, lipids, ashes and fiber) and presence of total coliforms, *Escherichia coli*, molds and yeasts. However, the T4 evidenced a major refrigeration time (63 days) than T2 (35 days) and T3 (42 days). With these results, it was defined that the best treatment for cabbage-lettuce is the T4, which corresponds to the lettuces disinfected with 20 ppm ozone for an immersion time of 10 minutes, conserving the quality characteristics during 63 days. This same analysis was carried out for the leaf lettuce, where the best treatment was the 5 ppm thyme essential oil for a period of 5 minutes of immersion, which allowed to conserve the quality of the product for a total of 35 days.

1. INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO (2014), el 6% de las pérdidas poscosecha mundiales se dan en la región de América Latina, en Ecuador el 40% de la producción agrícola sufre pérdida poscosecha, esto significa que cuatro de cada diez productos se desperdician en su trayecto al consumidor. La parroquia Chuquiribamba, es conocida como una zona proveedora de productos agrícolas, pero la falta de tecnificación en el proceso poscosecha y en la calidad e índice de productividad de legumbres, hortalizas y tubérculos, han provocado pérdidas y desperdicios, que todavía en la actualidad en bibliografía no existen datos concretos del porcentaje de estas pérdidas para esta parroquia. Para solucionar esta problemática se está planteando el uso de métodos y técnicas que permitan conservar la calidad, garantizar la inocuidad y alargar el tiempo de vida útil del producto, logrando con ello disminuir las pérdidas poscosecha; la desinfección constituye una de las técnicas cada vez más utilizadas para lograr cumplir los desafíos antes propuestos.

En base a lo antes mencionado, se propuso determinar si el efecto de los agentes desinfectantes (el hipoclorito de sodio, el aceite esencial de tomillo y ozono) permite conservar las características de calidad de las lechugas en repollo y en hoja. Mediante la realización de la presente investigación se pudo comprobar que el uso de desinfectantes permitió mantener las características de calidad del producto (organolépticas, composición química y microbiológicas) y aumentar la vida útil con respecto a las lechugas frescas que se comercializan en los mercados y supermercados de Loja.

Con esta propuesta se pretende desarrollar un prototipo de lechuga que genere valor agregado, en términos de calidad e inocuidad, y tiempo de vida útil; además, constituya una alternativa que contribuya a mejorar los ingresos, la economía familiar y en general la calidad de vida de los productores y sus familias.

La adquisición y selección del producto se realizó en la parroquia Chuquiribamba del cantón y provincia de Loja, mientras que la parte experimental de la investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Para llevar a cabo la presente investigación se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general

Desarrollar un prototipo de lechuga empacada, aplicando diferentes tipos de desinfectantes, en la parroquia Chuquiribamba cantón y provincia de Loja.

Objetivo Específicos

Establecer los parámetros óptimos de desinfección considerando las características físicos químicos, microbiológicos y organolépticos.

Evaluar la vida útil de los tratamientos de lechuga empacada considerando los cambios físico-químicos, organolépticos y microbiológicos.

Determinar los costos de producción del mejor tratamiento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Hortalizas

Tienen gran importancia desde el punto de vista económico y social, ya que son una fuente de alimento y de trabajo en todo su proceso de producción, debido a la gran demanda que existe tanto en mercados locales y regionales, y su alto valor nutritivo en fresco, ya que son ricos en minerales y vitaminas (Saavedra, 2013).

En 1997 a nivel mundial hubo una producción de 551,56 millones de toneladas de hortalizas, mientras que 20 años más tarde, en el 2016 se ha elevado hasta los 1.075,2 millones de toneladas, siendo China uno de los mayores productores de hortalizas en el mundo. Existen una gran diversidad de hortalizas, sin embargo, las más comercializadas son: tomates, cebollas, lechuga, coles, pepinos y berenjenas (Tecnología de Horticultura Mediterránea, 2016).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería - MAG (2015) señala que en Ecuador se cultivan 40.000 hectáreas de hortalizas y que en los últimos años ha existido un incremento del 16 por ciento al producto interno bruto (PIB) agrícola del país (Mejía, Moreno, Moreno Molina y Pilamala, 2019).

Según Vallejo (2013) en la provincia de Loja las hortalizas son parte fundamental de los cultivos en general, debido a que son productos de primera necesidad. En esta provincia existe una gran diversidad de hortalizas (zanahoria, remolacha, cebolla de hoja, col, lechuga, brócoli, coliflor, entre otros) que mantienen una producción promedio de 45 a 49 hectáreas de sembrío.

Según Valle (2006) la parroquia Chuquiribamba es una zona proveedora de productos agrícolas, sin embargo no existen datos de esta producción debido a que los productores no llevan registros de estas cosechas; una mínima parte, no estimada es comercializada en la feria agropecuaria que se realiza en Chuquiribamba todos los días Jueves; también se observa que estos productos son comercializados a los mercados de Loja y Catamayo.

2.2. Lechuga

Es una de las hortalizas más comunes que se consumen durante todo el año, por lo que siempre existe una gran demanda de este producto en los mercados (Carrasco y Sandoval, 2016).

Es una planta anual de ciclo corto, tiene hojas grandes, blandas, enteras o aserradas; se consume en estado joven antes de subirse a flor. En fresco tiene elevadas dosis de vitaminas A, B, C y E, así como de minerales (Ca, Fe y P) y su principal producción se encuentra en zonas templadas y subtropical (Carrasco y Sandoval, 2016).

El nombre botánico de la lechuga es *Lactuca sativa* y pertenece a la familia de las compuestas. Las características más importantes de este alimento son: la raíz llega hasta los 25 cm de profundidad, su tallo es cilíndrico y ramificado, las hojas son sueltas en unos casos y en otros llegan a acogollarse (Morales, 2005).

Según Morales (2005) la clasificación botánica de la lechuga es:

- Género: *Lactuca*
- Especie: *Sativa*
- Familia: *Compositae*
- Tribu: *Chichoria*
- Sección: *Scarolia*

Velásquez (1982) afirma que en Ecuador las únicas lechugas que se cultivan para ser comercializados son las de tipo cabeza compacta o dura y de hoja. Según los diarios El Comercio (2011) y El Universo (2014) existen diferentes variedades de lechuga que representan la mayor producción en el país (ver tabla 1).

Tabla 1
Variedades de lechuga

Variedad	Tipo
Batavia	Hoja
Lechuga morada (red fire)	Hoja
Escarola	Hoja
Achicoria	Hoja
Mac o criolla	Iceberg
Salinas	Iceberg

Fuente: El Comercio (2011) y El Universo (2014).

Hortoinfo (2017) señala que a nivel mundial la lechuga tiene una producción de 24.976,32 millones de kilogramos, en un área de 1,16 millones de hectáreas; siendo China y Estados Unidos los países de mayor producción. En Ecuador existe una extensión cultivada de 1.145 hectáreas de lechuga, de los cuales el 70% corresponde a las lechugas criolla o iceberg y batavia, mientras que, las variedades como la morada, romana o la escarola representan el 30% (Velázquez, 2017).

2.2.1. Lechuga mac o criolla.

Esta variedad está dentro de las lechugas de tipo iceberg, son de cabeza compacta, de color verde, requiere alta luminosidad, climas templados o semi-templados para su desarrollo (Saavedra et al., 2017).



*Figura 1. Lechuga mac o criolla
Fuente: Saavedra, 2017*

2.2.2. Lechuga batavia.

Es una variedad de hojas sueltas, rizadas, al tacto mantecoso, de color verde oscuro, sabor neutral y se producen en regiones semi-templadas; en los mercados se encuentran variedades entre rojizas y verdes (Salgado, 2017).



*Figura 2 Lechuga Batavia
Fuente: El Universo, 2014*

Las variedades del tipo hoja (batavia) y las del tipo que no forman cabeza, presentan cantidades importantes de clorofila que incrementa el valor nutricional, debido a que contiene mayor cantidad de vitaminas como se observa en la tabla 2 (Estrada y Vallejo, 2004).

Tabla 2

Valor nutritivo de la lechuga por 100 gramos de hoja fresca

Composición química	Lechuga hoja	Lechuga iceberg
Agua (%)	94,00	95,64
Calorías (%)	10,00	14,00
Proteínas (g)	1,30	0,90
Grasas (g)	0,30	0,14
Carbohidratos (g)	3,50	2,97
Calcio (g)	0,07	0,02
Fósforo (mg)	25,00	20,00
Hierro (mg)	1,40	0,41
Vitamina A (mg)	0,57	0,15
Tiamina (mg)	0,50	0,04
Riboflavina (mg)	0,08	0,02
Niacina (mg)	0,40	0,12
Vitamina C (mg)	18,00	2,80

Fuente: Estrada y Vallejo, 2004

2.3. Poscosecha

Es un conjunto de actividades que incluyen la selección, lavado, desinfección, secado, envasado y almacenamiento, que se realizan a los productos agrícolas, desde el momento de la recolección hasta el consumo final, con el fin de conservar la calidad y garantizar la inocuidad (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA, 2006).

Carvajal (2012) enfatiza claramente que a nivel mundial las pérdidas poscosecha de frutas y hortalizas, se encuentran entre 5 al 25% en países desarrollados y del 20 al 50% en países en desarrollo.

Pérdidas poscosecha (2010) manifiesta que el 40% o más de los alimentos que se producen en nuestro país sufren en algún momento de la cadena agroalimentaria deterioros que afectan a la calidad e inocuidad.

Aún con los avances tecnológicos sobre conservación y almacenamiento, se estima que existe pérdidas del orden del 25 y 40%, debido a factores fisiológicos que se producen después del procesado y empacado (Carvajal, 2012).

2.3.1. Poscosecha en lechuga.

La lechuga es una hortaliza perecedera, es por esta razón que el proceso de poscosecha (el transporte, el uso de empaque que no maltraten los productos, el medio de conservación, entre otros), es de fundamental importancia para conservar la calidad. La poscosecha tiene como objetivo el añadir valor agregado a las hortalizas sin que existan pérdidas significativas (Español y Galindo, 2016).

Después de cosechada la lechuga, se debe tener cuidado a la hora de manipular el producto ya que sus nervaduras son muy delicadas y corren el riesgo de quebrarse, presentando pardeamiento y pudrición en las hojas que permitirán el ataque y proliferación de patógenos. La excesiva manipulación, el envasado o daños físicos y mecánicos son causantes de que el producto se deteriore (Sánchez, 2008).

A continuación se describen las etapas de la poscosecha de lechuga

2.3.1.1. Selección.

Esta basada en diferentes estándares entre ellos: sanidad, firmeza, tamaño, peso, color y daños mecánicos. Cabe recalcar, que existen normas de calidad para cada país, por ejemplo, en el Ecuador se aplican la norma INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 2 104.1996 que clasifican a las hortalizas frescas según su naturaleza en raíces, tubérculos, bulbos, tallos, hojas, flores y frutos (IICA, 2006).

2.3.1.2. Lavado.

Se realiza con el fin de eliminar los materiales extraños, es una forma de separación relacionada con la eliminación de impurezas como arena, tierra, insectos, pesticidas y residuos de fertilizantes de la lechuga (IICA, 2006).

2.3.1.3. Desinfección.

Es un tratamiento que permite eliminar microorganismos mediante procesos físicos o químicos. Un inadecuado proceso de desinfección podría provocar toxiinfecciones alimentarias e incluso la muerte (Izquierdo y Naranjo, 2006).

Existen varias investigaciones donde se ha evaluado la eficacia de desinfectantes; así tenemos: Baéz, García, Medina y Mercado (2017) evaluaron la concentración y eficiencia de yodo, peróxido de hidrogeno, ácido peracético, cloro granulado, hipoclorito de sodio y agua electrolizada; en dos concentraciones (10 y 20 ppm) dando como resultados que todos los desinfectantes reducen la carga microbiana de *Escherichia coli* durante tiempos de 10, 20, 30, 60 y 120 minutos.

En otra investigación, se evaluó la eficiencia del desinfectante de peróxido de hidrogeno utilizando concentraciones del 3 y 4% para el lavado de lechuga romana, se obtuvieron excelentes resultados en la disminución de la carga microbiana de *coliformes* con un tiempo de contacto de 3 minutos (Ramón, Rosas y Vargas, 2016).

Existen una variedad de desinfectantes utilizados para frutas y hortalizas, algunos de ellos se describen a continuación:

2.3.1.3.1. Compuestos clorados.

El cloro es el agente desinfectante más utilizado en la industria de alimentos debido a su bajo costo, se ha utilizado ampliamente para la desinfección de alimentos y la reducción de la carga microbiana del agua utilizada en diferentes operaciones (Garmendia y Vero, 2015).

Son uno de los desinfectantes que se incorporan al agua durante la etapa de desinfección, son componentes germicidas que actúa a nivel de procesos metabólicos como es la inhibición de enzimas, biosíntesis de proteínas, lesiones en las cadenas de ADN y otros constituyentes celulares. Tiene la desventaja que al reaccionar con la materia orgánica se inactiva rápido y forma trihalometanos que son subproductos carcinógenos (Castro y Gómez, 2013).

Las concentraciones recomendadas de hipoclorito de sodio están entre 50 a 200 ppm, en un tiempo de inmersión de 1 a 2 min, el incremento del tiempo no aumenta el efecto del

desinfectante; como máximo se obtiene una reducción de carga microbiana de 1 y 2 órdenes; el uso de hipoclorito de sodio por encima de los 200 ppm produce en el alimento una pérdida de calidad e inocuidad (Campos y Manzano, 2007).

Existen diferentes investigaciones sobre el efecto de los compuestos clorados en frutas y hortalizas; por ejemplo, según Garmendia y Vero (2015) afirman que al sumergir en una solución de 5 ppm de dióxido de cloro a hojas de lechuga inoculadas con *Listeria monocytogenes* por un tiempo de 10 minutos, la carga microbiana se reduce a 1,1 órdenes.

En otra investigación Catanozi, Nascimento, Silva y Silva (2003) demostraron que la cantidad de hongos y bacterias se reducen 3 órdenes, con el efecto de hipoclorito de sodio a 200 ppm por 15 min sobre la flora superficial de lechuga.

2.3.1.3.2. Ozono.

Es uno de los desinfectantes con mayor capacidad oxidativa, es 1,36 veces más eficaz que el hipoclorito de sodio, una de las características más importantes es que no deja residuos tóxicos. Es un agente germicida que provoca rompimiento de la membrana celular, afectando la mayoría de los constituyentes celulares.

Baggio, Innocente, Maifreni y Marino (2018) comprobaron que a una concentración de 20 ppm de ozono en agua se destruye microorganismos como la *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis* y *Salmonella enteritidis*.

Según Rodgers, Cash, Siddiq y Ryser (2004) probó 3 ppm de ozono en *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* y observó una disminución de 5 órdenes. Garmendia y Vero (2015) señala que este desinfectante elimina esporas de hongos que se encuentran en el agua donde se lava las frutas y hortalizas, y observó que en un tiempo de inmersión de 2 minutos en ozono de 1,5 ppm eliminó aproximadamente el 95 y 100% de esporas.

Existen estudios donde demuestran que se redujo 1,47 Unidades formadores de colonias - UFC/g de *E. coli* en lechuga, que fueron lavadas en agua ozonizada a una concentración de 10 ppm durante 5 minutos (Koseki e Isobe, 2006).

Aguayo, Artés, Artés y Gómez (2017) señalan que en lechuga mínimamente procesadas en fresco obtuvieron reducciones de 1,5 log UFC/g en *Escherichia coli* al lavar durante 5 minutos con agua ozonizada (20 ppm).

2.3.1.3.3. Aceite esencial.

Los aceites se obtienen a partir de distintas partes de la planta, tienen actividad antimicrobiana, eliminando bacterias y hongos, son liposolubles por lo que requieren de un emulsionante para mezclarse con el agua. Entre los aceites esenciales con mayor actividad antimicrobiana están la canela, orégano, romero y tomillo (García y Palou, 2008).

La información sobre el mecanismo de acción de estos aceites no es específica, ya que en las células existen distintas partes en donde pueden actuar, al ser liposoluble afectaría a los lípidos de las membranas bacterianas y mitocondriales, produciendo la muerte de los microorganismos; también pueden causar daño en la pared celular y flujo de contenido celular (García y Palou, 2008).

El aceite esencial de tomillo es rico en carvacrol y cimeol, son los compuestos más eficaces de los aceites esenciales ya que atacan directamente a la pared celular, membrana, enzimas, síntesis de proteínas; causando la inhibición de los microorganismos (Gutiérrez, 2016).

Díaz, Leyva, Luna, Luna y Ruiz (2015) realizaron pruebas de desinfección en tomate con inoculación de *Escherichia coli*, utilizando los aceites esenciales de tomillo y orégano en concentraciones de 5 y 10 ppm, durante 5 y 10 minutos; y observaron que el tratamiento más eficaz fue con aceite esencial de oregano a 10 ppm durante 10 minutos alcanzando una reducción de 3,05 log/g.

Estudios realizados señalan que al sumergir hortalizas en aceite esencial de tomillo a una concentración de 250 ppm utilizando un emulsificante Polisorbato 80 (tween 80) en 1000 ml de agua destilada, por 7 minutos eliminan aproximadamente el 92,9% de microorganismos patógenos (Chuquitarco, 2014).

2.3.1.4. Secado.

Consiste en extraer el agua del producto hasta un nivel en el que el deterioro sea mínimo e inhiba el crecimiento de microorganismo, aumentando así la vida en anaquel y la inocuidad de los alimentos (Galvis, González y Flores, 2010).

Existen algunas técnicas de secado de la lechuga entre ellas la más sencilla y de bajo costo es una centrífuga o escurridor de ensaladas. Según Artés (2019) las hortalizas después de lavadas se pueden escurrir en tamices vibratorios de acero inoxidable, para finalmente se secadas en una centrifuga automática o semiautomática; otra técnica de secado según la empresa Sormac, es el secado por aire en donde el producto pasa por un túnel, se seca en una corriente de aire ascendente, este aire se mantiene a temperaturas entre 25 a 30°C. La lechuga desprende humedad por la corriente de aire que circula a través de ella y luego se enfría en un intercambiador de calor a una temperatura de 5°C.

2.3.1.5. Envasado.

Es un método de conservación que permite ofrecer un producto higiénicamente fresco y en buenas condiciones para garantizar la calidad e inocuidad y alargar la vida útil del alimento (Lopez, 2015 y IICA, 2006).

Según Espejo y Raimondo (2002) las principales funciones del empaque en frutas y hortalizas frescas son:

- Proteger el producto de agentes biológicos, mecánicos y físicos externos durante el almacenamiento y el transporte.
- Retardar directa o indirectamente la descomposición química que conlleva a la disminución de la calidad del producto.
- Proporcionar una aceptable apariencia, color, diseño y etiquetado.

Existen varios tipos y materiales para elaborar los envases, entre los cuales tenemos: cajas de cartón corrugado, canastillas plásticas, madera, bolsas, bandejas, sacos, empaques rígidos plásticos, fundas plásticas y las películas poliméricas que han sido utilizadas desde hace varias décadas en el envasado de productos frescos, con el objetivo de proteger las frutas y hortalizas de las contaminaciones ambientales. Además, el envase permite disminuir las pérdidas de humedad

debido a la disminución del gradiente de vapor de agua entre el producto y su ambiente dentro del envase (Espejo y Raimondo, 2002).

Entre los tipos de envases más utilizados para la conservación de alimentos se encuentran:

2.3.1.5.1. Film.

Este tipo de envases presenta las siguientes funciones: sirve para envasar los alimentos, evita la entrada de oxígeno y la salida del dióxido de carbono, impidiendo la acumulación de gotas de agua en la superficie interna del envase, lo cual conlleva a que el agua se condense y se deposite en el alimento contribuyendo a su deterioro (Sierra, 2013).

Entre los diferentes tipos de film se encuentra el de polietileno, que es utilizado para envasar alimentos y prolongar su vida útil, según su composición química se divide en polietileno de alta y baja densidad, los primeros son incoloros, resistentes a golpes, son fáciles de manipular, soporta hasta 120°C; y los segundos son impermeables al agua, muy resistentes a sustancias químicas, soporta hasta 80°C, no son tóxicos, permite envolver el producto simulando el envasado al vacío, permitiendo ver el estado en el que se encuentra el producto y permite su fácil manipulación; el plástico PVC para alimentos, es un tipo de film con características similares al descrito anteriormente (Sierra, 2013).

Piagentini (2002) comprobó que al usar film de polipropileno (espesor 30 μm) para envasar espinaca, no afecta a la apariencia general de la espinaca, demostró que existe diferencia significativa en cuanto a la atmósfera dentro del envase y fuera de él, aunque en el atributo olor presentó una calificación de 7 en una escala de 1 nauseabundo y 9 normal; en cambio al usar film de polietileno de baja densidad (20 μm) presentó un olor normal, no afectó a la apariencia en general, pero no modificó la atmósfera dentro del envase en relación a la del ambiente.

2.3.1.5.2. Bandejas.

Ante la necesidad de conservar los alimentos se presenta una serie de empaques, como son las bandejas de poliestireno expandido que comúnmente se combinan con film para sellar los productos. Cuenta con una alta capacidad de protección y aislamiento térmico, así como una

máxima garantía de higiene y permite mantener un alimento fresco por más tiempo (Espejo y Raimondo, 2002).

2.3.1.6. Almacenamiento.

La conservación de alimentos es un conjunto de procesos encargados de prolongar la vida útil de los mismos, evitando la proliferación de microorganismos patógenos responsables de su deterioro y disminuyendo las reacciones de degradación producidos por enzimas y otros agentes bioquímicos (Arthey y Dennis, 1992).

Existen dos métodos de almacenamiento para la conservación de alimentos por frío, la refrigeración y la congelación.

2.3.1.6.1. Refrigeración

Es un método de conservación que permite ralentizar los procesos de degradación y prolongar la vida útil de los productos. La temperatura de almacenamiento es el principal factor que regula la vida en anaquel. Este método opera con temperaturas ligeramente superiores a los 0°C, lo cual permite disminuir la actividad tanto de enzimas como de microorganismos y reducir la velocidad de respiración de los alimentos (Arthey y Dennis, 1992 y Rodríguez, 2015).

Las técnicas de almacenamiento para la conservación de alimentos por frío buscan reducir la temperatura del producto para conseguir que el valor nutricional y las características organolépticas se mantengan igual o casi similar a las hortalizas frescas, esta característica resulta beneficiosa para los consumidores porque se asocia con el concepto de alimentos saludables (Rodríguez, 2015).

2.4. Vida útil de las hortalizas

Es el tiempo que pueden conservarse las hortalizas hasta ser consumidas, con sus características de calidad, sensoriales, físico – químicas y microbiológicas aceptables. Existen diferentes maneras para alargar la vida útil de las hortalizas tales como: la desinfección, el almacenamiento y envasado.

Araya y Montero (2004) señala que las hortalizas conservadas a 0°C alcanzan una vida útil de 21 días (90% del volumen del producto era comerciable), mientras que si se conserva a temperaturas que van desde los 5 a 10 °C, solamente alcanzan un tiempo de vida útil de 7 días.

Supriya et al. (2017) evaluaron diferentes cultivares de lechuga procesadas en dos formas, cortada y entera, así como almacenadas en refrigeración (1 y 5 °C) y en cámara de enfriamiento energía (9 –a 15 °C), la lechuga entera en refrigeración registró una vida útil de 15 días y en la cámara de enfriamiento de energía cero de 6 días; mientras que la lechuga cortada tuvo una vida útil de 3 días en cámara de enfriamiento.

2.5. Calidad

Es un conjunto de cualidades que presentan los alimentos conforme a las necesidades del consumidor, para un productor la calidad tiene que ver con un buen rendimiento y que el producto sea resistente a plagas y enfermedades, para intermediarios el producto debe ser resistente para que conserve su calidad durante el transporte, y cumplir con las necesidades de sus compradores; para el vendedor la calidad tiene que ver con buena apariencia, excelente sabor, textura y en el punto de madurez fisiológica adecuado (Mondino y Feratto, 2006).

La calidad de la lechuga se puede evaluar mediante los análisis organolépticos, físico-químicos y microbiológicos.

2.5.1. Análisis organolépticos.

Según Colomer, Ferrera y Zaragoza (2003) el análisis organoléptico es una disciplina o ciencia que estudia, analiza e interpreta las características de los productos mediante los sentidos.

Existen distintos métodos para evaluar la calidad organoléptica en los productos, uno de ellos es la prueba a los consumidores, es decir, se pregunta a un gran número de personas directamente su preferencia entre diferentes productos, otro método es la prueba a catadores los cuales evalúan propiedades y características de diferentes muestras en condiciones controladas; para ambos casos se usan las escalas hedónicas (Castañeda, 2013).

Castañeda (2013) afirma que la United States Army Food Container Institute 1950 (Instituto de contenedores de alimentos del ejército de EE. UU) mantiene una escala hedónica de nueve puntos para evaluar los alimentos, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3
Escala hedónica

Gusta extremadamente	9
Gusta mucho	8
Gusta moderadamente	7
Gusta poco	6
Ni gusta ni disgusta	5
Disgusta poco	4
Disgusta moderadamente	3
Disgusta mucho	2
Disgusta extremadamente	1

Fuente: Castañeda, 2013

Estos análisis se utilizan para observar si la calidad de la lechuga se ve afectada a lo largo del tiempo, para este análisis se toma en cuentas tres consideraciones principales; la apariencia que tiene que ver con la forma, tamaño, color y que son percibidos por la visión, la segunda es la textura que engloba la resistencia y consistencia distinguidos por el tacto y la tercera es el sabor (Cheftel, 1992).

2.5.1.1. Apariencia.

Toma en cuenta el peso, color, defectos mecánicos y fisiológicos (marchitamiento, puntos, grietas y magulladuras).

2.5.1.2. Textura.

Incluye firmeza, suavidad y dureza; la textura de las hortalizas son importantes no solo por su consumo en fresco sino también para su traslado y manipulación ya que estos factores influyen en la tasa de ablandamiento del tejido.

2.5.1.3. Sabor.

Está determinado por el dulzor (azúcar), crujiente, astringencia (compuestos fenólicos) y acidez (ácidos orgánicos).

2.5.2. Análisis físico químico.

Estos análisis evalúan la calidad y cantidad nutricional de los alimentos, también permiten conocer el grado de sanidad y toxicidad, alteraciones y demás contaminantes (pesticidas, herbicidas, etc.).

Es un factor que permite saber la cantidad a suministrar de nutrientes a los seres humanos de acuerdo a los parámetros alimenticios de cada uno. Las hortalizas contienen altos valores de humedad y evidencian valores bajos de proteína, fibra y cenizas como se observa en la tabla 2 (Bolaños, 2003).

Los macronutrientes que se evalúan en un alimento son:

2.5.2.1. Humedad.

Todos los alimentos tienen agua en mayor o menor proporción, es un parámetro importante en el control de calidad de los productos. Para determinar la humedad de los alimentos existen diferentes métodos, entre los cuales están: secado en estufa de aire, radiación infrarroja, Karl Fisher y refractometría (Bolaños, 2003).

Con el método de secado en estufa se puede obtener el porcentaje de humedad que tiene el alimento por la pérdida de peso, este método consiste en preparar la muestra, pesarla, secarla, enfriarla y volverla a pesar hasta obtener un peso constante (Asociación Internacional de Químicos Analíticos - AOAC, 2000).

2.5.2.2. Proteína.

Son biomoléculas complejas formadas por un grupo de aminoácidos, cumplen un papel principal en el funcionamiento de las células. La proteína se determina los siguientes métodos: Dumas, métodos radioquímicos, de Biuret, destilación alcalina y el más utilizado universalmente es el método de Kjeldahl que se basa en la determinación del nitrógeno y se divide en tres etapas: la primera es la digestión en donde el nitrógeno se convierte en amonio a través de un método oxidativo en presencia de ácido sulfúrico, la destilación es la segunda etapa donde el amonio se transforma en amoniaco y por último, se realiza una valoración con ácido sulfúrico (AOAC, 2000).

2.5.2.3. Carbohidratos.

Son compuestos orgánicos que contienen hidrogeno, oxígeno y carbono; también se consideran nutrientes que aportan energía al organismo, y se dividen en 3 grupos: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos.

Existen varios métodos para determinar carbohidratos tales como: prueba de Molish, Benedict, Barfoet, Bial, etc.

2.5.2.4. Lípidos.

Son moléculas insolubles en agua, incluyen grasas, fosfolípidos y colesterol; algunos lípidos son reservas energéticas y otras actúan como antioxidantes.

Se pueden determinar mediante diferentes métodos tales como: Soxhlet, Goldfish, método de Folch, etc.

2.5.2.5. Cenizas.

Son residuos inorgánicos que se obtienen al incinerar un producto a temperaturas entre 500 y 600°C. Es uno de los parámetros más sencillos para determinar la calidad de un producto.

Este parámetro se puede determinar mediante cenizas en seco (para la mayoría de muestras de alimento), cenizas en húmedo (para muestras de alimento con alto contenido de grasa) y cenizas por secado a bajas temperaturas (AOAC, 2000).

2.5.3. Análisis microbiológicos

Según Escolá (2002) estos análisis permiten determinar la carga microbiana de los alimentos y constituye uno de los parámetros que se toma en cuenta para determinar la calidad e inocuidad de un alimento. Se debe tener en cuenta las normas microbiológicas para evaluar la inocuidad de un alimento en base a los límites máximos permisibles de unidades formadoras de colonia (UFC).

Según Betts (2014) la demanda de consumidores de productos frescos ha aumentado, así como también los brotes de enfermedades transmitidos por estos. Según Hualpa (2018) en la Unión Europea ha habido un incremento del porcentaje de intoxicaciones alimentarias producido por consumir alimentos frescos contaminados, en el año 2009 existía 2,1% y en el 2014 esta

porcentaje aumento a 7,1%; mientras que, en Estados Unidos en el 2006 se presentó un brote de *E. coli* O157:H7 en espinacas envasadas afectando a 23 Estados de este país, meses después se produjo otro brote en una cadena de restaurantes, debido al consumo de lechuga envasada contaminada por esta misma bacteria.

Debido a estos acontecimientos el Sistema Regional de Información de la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud para la vigilancia de las enfermedades transmitidas por los alimentos expusieron que en América Latina las hortalizas fueron las causantes de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos. Es así que países como Reino Unido, España, Estados Unidos, Venezuela, Chile y Brasil, excepto en Ecuador; han tomado conciencia de la importancia de realizar análisis microbiológicos en alimentos frescos (Hualpa, 2018).

A continuación, se describe los microorganismos más importantes presentes en hortalizas.

2.5.3.1. Coliformes totales.

Grupo de bacterias en forma de bacilos, gran negativas, unas pueden ser anaerobias y otras aerobias, así como móviles e inmóviles, son parte del grupo de Enterobacterias, capaces de producir gas y ácido a partir de la síntesis de lactosa a temperaturas de incubación entre 35 – 37°C por 24 o 48 horas; algunas veces se los puede encontrar en agua y alimentos como producto de contaminación o de procesos inadecuados de poscosecha.

2.5.3.2. *Escherichia coli*

Son bacterias gran negativas, en forma bacilar corto, anaerobias, pueden crecer a temperaturas que van desde los 25 a 45°C, se presentan en el ambiente y en alimentos como señal de contaminación fecal, y se destruyen en presencia de temperaturas bajas (menor a 5°C).

2.5.3.3. Mohos y levaduras.

Los mohos son un tipo de hongo multicelular, microscópicos, y se pueden reconocer en los alimentos debido a que tienen una apariencia en forma de pelusas, aterciopelado y algodonoso. Las levaduras son hongos unicelulares, también microscópicos, provocan cambios físicos, químicos y organolépticos, causando un rápido deterioro en los alimentos (Kuhar, 2013).

2.5.4. Métodos de detección

Según Fung (2002) los métodos de detección permiten demostrar o estimar la cantidad de microorganismos existentes en el alimento, estos deben cumplir con los siguientes requisitos: exactitud, rapidez, aceptabilidad, sencillez de manejo y fiabilidad del método. Según Dávila y Hernández (2006) existen diferentes métodos de detección convencionales utilizados en la determinación de los microorganismos en alimentos, entre los cuales tenemos los siguientes:

2.5.4.1. Examen directo.

Se utiliza un portaobjetos donde se coloca la muestra y se la recubre con un cubreobjetos, a continuación se observa en un microscopio la presencia de levaduras y mohos.

2.5.4.2. Técnicas de cultivo.

Los medios de cultivo se pueden clasificar en 3 grupos: el primero de enriquecimiento, que son medios líquidos que estimulan el desarrollo de microorganismos; el segundo selectivos, son sólidos que previenen el desarrollo de especies acompañantes indeseables; y el tercer grupo, son los electivos que permiten el crecimiento de varias especies de microorganismos.

2.5.4.3. Recuento de microorganismos

El recuento en placas se realiza mediante la siembra de la muestra en una placa petri estéril mezclando con un volumen de agar fundido enfriado entre 40 y 45°C, para realizar el recuento por el método del Número Más Probable - NMP se utiliza tubos de ensayo que contienen un medio líquido apropiado para inocular la muestra.

Debido a que los métodos antes mencionados son laboriosos, se necesita de una cantidad considerable de materiales y de un gran volumen de medios de cultivo a preparar, se han planteado métodos rápidos para la detección de microorganismos como por ejemplo; los sistemas de siembra en espiral, Isogrid, Petrifilm, Redigel, automatización del método del NMP, entre otros, los cuales permiten simplificar el proceso (Fung, 2002).

2.5.4.4. Las placas petrifilm.

Son piezas fílmicas, que por su grosor y tamaño tienen un parecido a una tarjeta de crédito, utiliza medios de cultivo deshidratados que al agregar la dilución de la muestra esta se rehidrata, para facilitar su identificación y recuento; estas placas contienen un componente que

permite la gelificación en frío y colorantes para la tinción de las colonias desarrolladas, la principal ventaja de estas placas es que evita la preparación de medios de cultivo, por lo tanto, reduce costos y tiempo (Fung, 2002; Dávila y Hernández, 2006).

2.6. Alteraciones que presenta la lechuga en su almacenamiento

La mayoría de las alteraciones que presentan las lechugas en la poscosecha son producto de las malas prácticas agrícolas en la fase de cultivo, o incluso ya están presentes en la semilla, sin embargo, existen otras alteraciones que suceden por malas condiciones de conservación, a continuación se describen algunas de ellas:

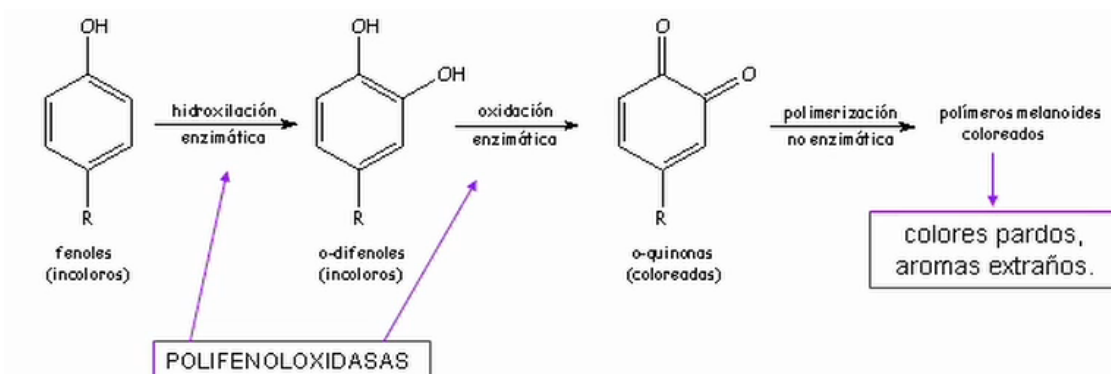
2.6.1. Marchitamiento.

Es el resultado de la pérdida de agua del alimento, presentando menor consistencia, es decir se muestra blando, de mal aspecto y de baja calidad organoléptica; la pérdida de peso tiene relación con la pérdida de agua del producto. Al ser la lechuga una de las hortalizas que contiene mayor cantidad de agua, tiene más posibilidades de que se marchite, provocando una baja calidad visual al producto.

Uno de los factores que pueden reducir el marchitamiento de las hortalizas según López (2010) son los envases o embalajes debido a que son como un tipo de barrera semipermeable que impide el intercambio de gases entre el producto y el exterior.

2.6.2. Pardeamiento enzimático

Provoca oscurecimiento de las hortalizas debido a unos compuestos monofenoles de las plantas que junto con el oxígeno y la enzima polifenoloxidasas (PPO) son hidroxilados a difenoles y luego oxidados a quinonas que reaccionan de forma espontánea hasta formar las melanoidinas.



Debido al rico contenido de polifenoles que se encuentran en la lechuga, hacen de esta hortaliza una de las más susceptibles al pardeamiento enzimático, presenta esta alteración debido a que la enzima PPO es liberada por lesiones y cortes en presencia de oxígeno (López, 2010).

2.7. Costos de producción

Se entiende como el descuento o gasto de dinero que se realiza por la adquisición de los insumos empleados para producir bienes y/o servicios. El precio de un producto se establece entre otros factores, en base a los costos de producción, para lo cual es necesario cuantificar los costos que se generan durante las etapas de la poscosecha de un alimento (Martínez, Lee y Páramo, 2003).

2.7.1. Costos fijos.

Son inevitables o incondicionales dentro de una actividad productiva y son independientes de los volúmenes de producción. Entre estos tenemos: arriendo del terreno, salario, depreciación de equipos, entre otros (Flores, 2000).

2.7.2. Costos variables.

Son evitables o condicionales que dependen del volumen de producción. Las hortalizas, envases, etiquetas, desinfectantes, entre otros; son ejemplos de este tipo de costos (Horngren, 2008).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La fase de campo que comprende la definición de la variedad y la adquisición de lechugas se realizó en la parroquia Chuquiribamba, ubicada al noroeste de la ciudad de Loja-Ecuador, a una distancia de 46 Km de la ciudad de Loja, se encuentra a 3°20'40" latitud Sur y 79°22'33" longitud Oeste; de acuerdo a la división política, limita al norte con las parroquias de Gualiel y Santiago, al sur con la parroquia Chantaco y el Cantón Catamayo, al este y al oeste con las parroquias Santiago y El Cisne, respectivamente.

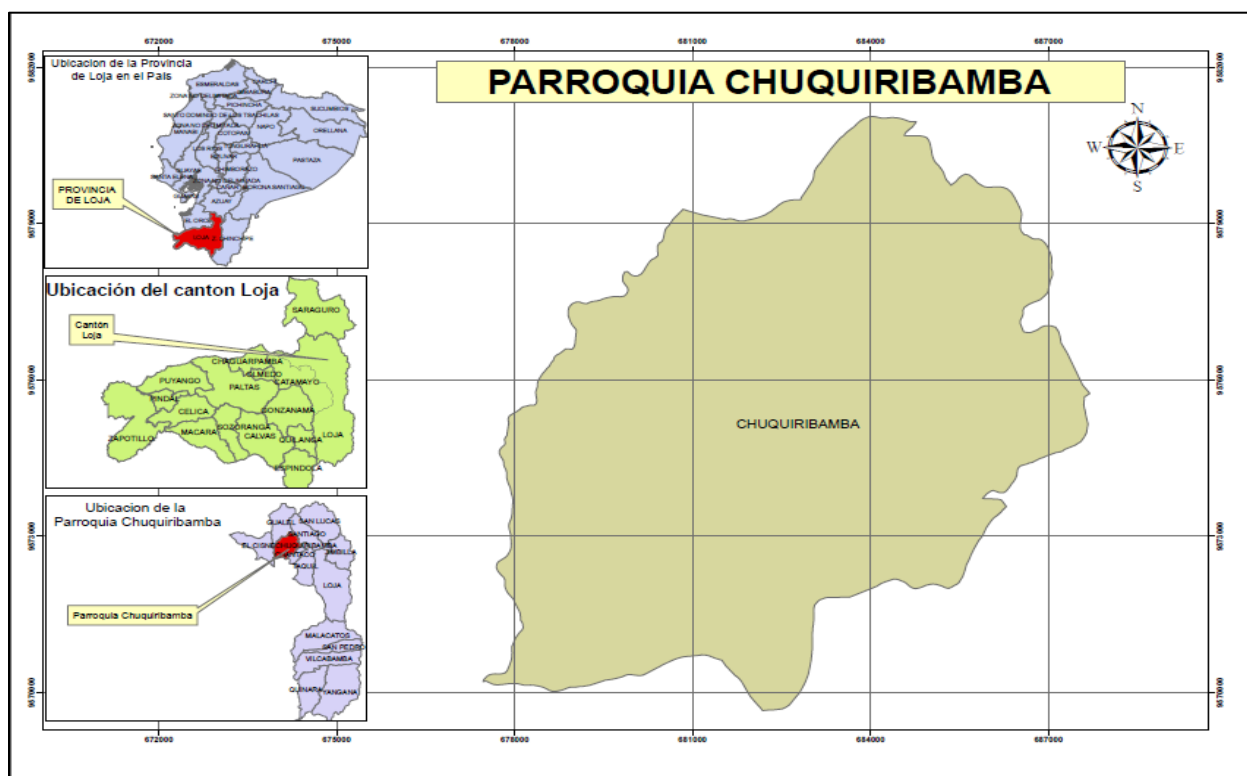


Figura 3. Mapa de ubicación de la parroquia Chuquiribamba

Fuente: El Autor

La fase experimental de la investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional de Loja, específicamente en los laboratorios de Poscosecha de frutas y hortalizas, Bromatología y Micología.

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales y equipos de laboratorio.

Los materiales y equipos utilizados para realizar los ensayos en el laboratorio fueron: crisoles de porcelana para la determinación de humedad, crisoles de vidrio para determinación de fibra, desecador, matraz de 500 ml, vasos de precipitación de 100 ml, balón aforado de 500 ml, tubos de ensayo de 10 ml, probeta graduada de 100 ml, pipetas volumétricas de 1 ml, bureta de 50 ml, agitador de vidrio, pera de goma, mechero bunsen, bisturí, placas petrifilm marca 3M™ para determinar coliformes/*E. coli* y mohos y levaduras, micropipeta, peachímetro; equipo Kjeldahl marca VELP Scientifica, estufa marca memmert, mufla marca Furnace modelo 1300, equipo extractor de fibra marca Velp Scientifica modelo 6, agitador magnético, ozonificador marca AC110V 500MG/HO3, centriescurridor Pro tupperware de 25 cm de diámetro y 18 cm de altura, licuadora Oster, balanza de precisión Ohaus Scout 400g, incubadora, esterilizador marca Tuttbauer, refrigeradora marca Samsung capacidad de 452 litros.

3.2.2. Reactivos de laboratorio.

Los reactivos utilizados para realizar las pruebas físico químicas fueron: ácido sulfúrico comercial concentrado (98%), hidróxido de sodio al 50%, ácido sulfúrico a 0,255 y 0,1 N, hidróxido de sodio 0,313 N, N-octanol BDH Reagents y Chemicals, ácido bórico al 4%, indicador Mortimer: 0,016 % rojo de metilo y 0,083% de verde bromocresol en etanol, patillas catalizadoras Velp Scientifica, acetona anhidra marca Fisher Scientific, agua peptonada al 0,1%, cloruro de sodio marca Fisher Scientific, surfactante rween 20 (polisorbato) y agua destilada.

3.2.3. Insumos

Los insumos utilizados para realizar el proceso poscosecha de la lechuga empacada fueron: lechuga en repollo y hoja, envase Daplast enrejillado para la recolección del producto, fuentes plásticas de cinco litros para el proceso de desinfección, papel secante, bandejas de poliestireno expandido, rollo de film transparente de polietileno de baja densidad de 30 metros para recubrir el producto cloro marca clorox con una concentración de 5,5%, aceite esencial de tomillo, aceite esencial de orégano surfactante.

3.2.4. Materiales y equipos de oficina.

Para la presente investigación se utilizó son los siguientes materiales: computadora portátil, libreta, esferográfico, cámara fotográfica, calculadora, internet.

3.3. Diseño estadístico

El diseño estadístico se realizó a través del análisis de varianza (ANOVA) utilizando Statgraphics Plus para Windows 5.1. y las pruebas de comparación de medias se realizó utilizando Fisher (prueba LSD con 95% de nivel de significancia). Se consideró realizar 7 repeticiones para realizar las calificaciones de los atributos organolépticos, en el caso de los análisis físico-químico se realizan 3 repeticiones y los análisis microbiológicos se realizaron 2 veces.

3.4. Metodología

3.4.1. Metodología para el primer objetivo.

Establecer los parámetros óptimos de desinfección considerando los cambios físicos químicos, microbiológicos y organolépticos.

3.4.1.1. Definición de la variedad de lechuga.

La primera actividad que se realizó para este objetivo, fue la definición de la variedad de lechuga, para ello se llevó a cabo una visita de campo a la parroquia Chuquiribamba, donde se observó las variedades de mayor producción en las huertas de los agricultores de lechuga.

3.4.1.2. Pruebas preliminares de tipos y concentración de desinfectantes.

En cuanto a la ejecución de las pruebas preliminares para la evaluación del tipo y concentración de los desinfectantes se siguió el siguiente procedimiento: primero se seleccionaron cuatro desinfectantes con diferentes concentraciones, en base a la información encontrada en la revisión de literatura, en donde se señala que los desinfectantes químicos más utilizados que contribuyen a garantizar la calidad e inocuidad de los alimentos son el hipoclorito de sodio y ozono; además existen los desinfectantes naturales como los aceites esenciales que han sido también utilizados como producto para desinfectar alimentos.

Como se observa en la tabla 4, se procedió a realizar pruebas preliminares con hipoclorito de sodio en concentraciones de 50, 100 y 200 ppm; en el caso de los aceites de tomillo y orégano se probó a 1, 5 y 10 ppm, y finalmente se realizaron ensayos con ozono a concentraciones de 10 y 20 ppm. Es importante mencionar que en todos los tratamientos se seleccionaron lechugas con la misma madurez fisiológica, el envasado se realizó en bandejas de poliestireno expandido cubierta con film y la temperatura de almacenamiento fue de 4°C. Además, cabe señalar que se tomó muestras que sirvieron como testigo, es decir sin ningún tipo de desinfectante.

Tabla 4

Tratamientos de desinfección aplicados a las lechugas en repollo y en hoja

Tratamientos	Concentración (ppm)
Testigo	---
Hipoclorito de sodio	50
	100
	200
Aceite esencial de tomillo	1
	5
	10
Aceite esencial de orégano	1
	5
	10
Ozono	10
	20

Fuente: El autor

En la figura 4 se presenta el flujograma de proceso poscosecha para la elaboración de la lechuga empacada.

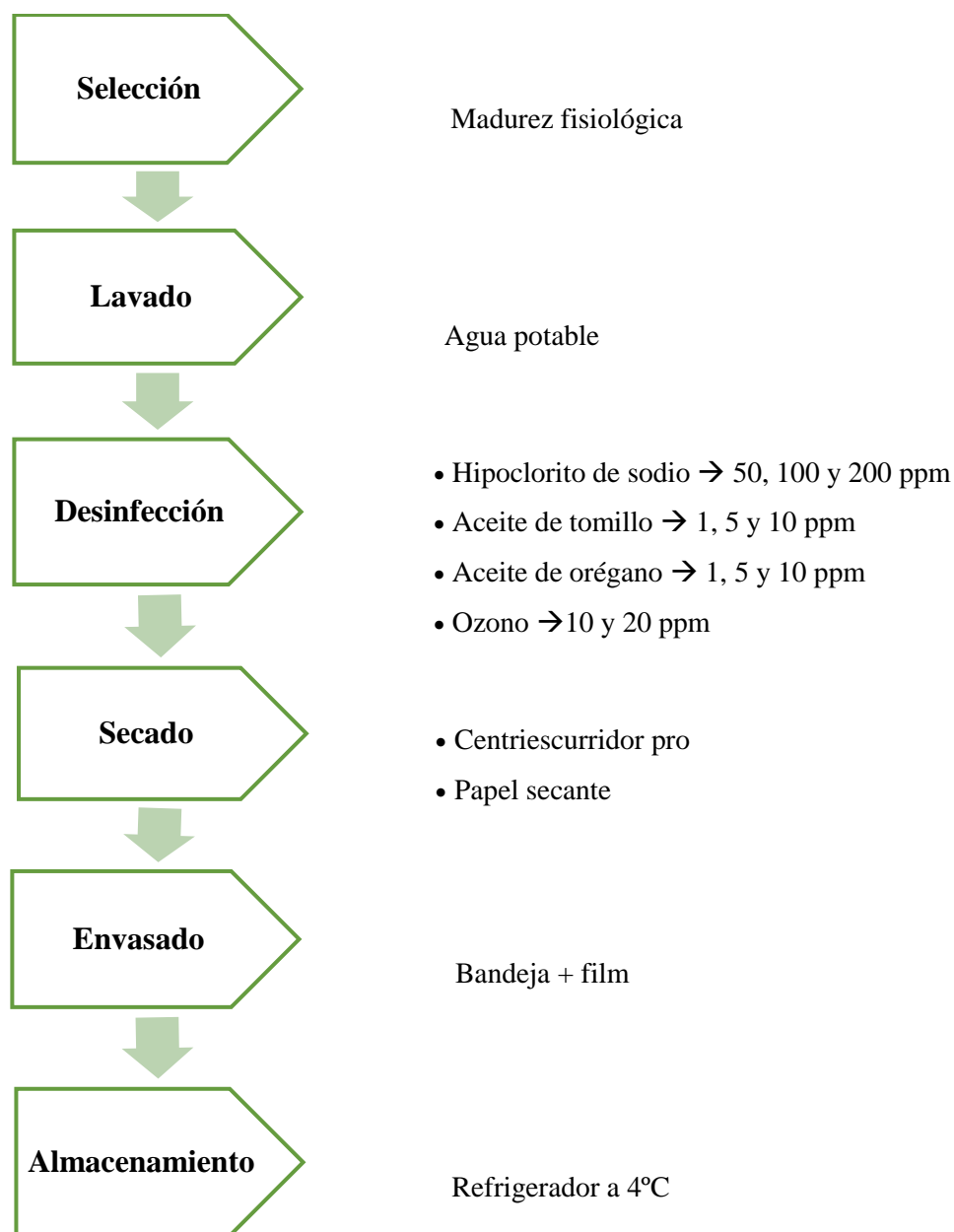


Figura 4. Flujograma de proceso poscosecha de lechuga

Fuente: El autor

A continuación, se describe el flujograma de proceso poscosecha (figura 4) de la lechuga empacada.

3.4.1.2.1. Selección

Se procedió a escoger las lechugas que presentaban una madurez fisiológica adecuada, en el caso de la lechuga en repollo se tomó en consideración el grado de compactación de la cabeza (una cabeza compacta es aquella que requiere la aplicación de una fuerza manual moderada para su compresión), mientras que en las lechugas de hoja su madurez está relacionada con el color (debe ser verde claro). Además, en ambos tipos de lechugas se consideró que no debían tener alteraciones en su firmeza y apariencia (golpes o magulladuras).

3.4.1.2.2. Lavado

Se utilizó agua potable para eliminar todo tipo de residuos extraños presentes en la lechuga, tales como: basura, tierra, polvo, insectos, entre otros.

3.4.1.2.3. Desinfección

Para realizar la desinfección de la lechuga se tomó en cuenta los tipos y concentraciones de desinfectantes presentados en la tabla 4. Para la preparación y aplicación de los desinfectantes se siguió el siguiente procedimiento.

- Hipoclorito de sodio

Para preparar las concentraciones (50, 100 y 200 ppm) de la solución desinfectante de este producto, se aplicó la fórmula descrita en la figura 5, en la cual se toma en cuenta la concentración del cloro comercial (5,5%) y el volumen de solución a preparar que para este caso fue de 3000 ml.

$$V_1 = \frac{C_1 * V_2}{C_2 * 10000}$$

Figura 5 Fórmula para obtener la cantidad de desinfectante a utilizar

Donde:

V_1 = Volumen de hipoclorito (ml)

C_1 = Concentración de hipoclorito a utilizar (ppm)

V_2 = Volumen de solución requerido (ml)

C_2 = Concentración del cloro comercial (%)

10000 = Factor de dilución (número de veces que debe diluirse el desinfectante)

Tabla 5

Volúmenes de hipoclorito a utilizar para preparar las soluciones desinfectantes

Concentraciones (ppm)	Concentración del cloro comercial (%)	Volumen requerido (L)	Volumen de cloro (ml)
50	5,5	3	2,72
100	5,5	3	5,45
200	5,5	3	10,90

Fuente: El autor

Con los valores obtenidos en la tabla 5, se procedió a preparar las soluciones desinfectantes y luego se sumergieron las lechugas en la mezcla preparada durante 3 minutos.

- Aceite esencial de tomillo

Para la preparación de la solución desinfectante con este aceite se tomó en cuenta las concentraciones a preparar (1, 5 y 10 ppm) presentadas en la tabla 6, la densidad del aceite de tomillo (0,91 g/ml), y el volumen requerido; con estos datos se aplicó las fórmulas de la figura 6 y se obtuvo el volumen a disolver en 3 L de agua.

$$V_1 = \frac{C * V_2}{\delta * 1000}$$

Figura 6. Fórmula para obtener el volumen de aceite a utilizar

Donde:

V_1 = Volumen de desinfectante (ml)

C_1 = concentración de aceite esencial de tomillo a utilizar (ppm)

V_2 = Volumen de solución requerida (L).

δ = densidad del aceite esencial de tomillo (g/ml)

Tabla 6*Volúmenes de aceite esencial de tomillo para preparar las soluciones desinfectantes*

Concentraciones (ppm)	Densidad del aceite de tomillo (g/ml)	Volumen requerido (L)	Volumen de aceite de tomillo (ml)
1	0,910	3	0,003
5	0,910	3	0,016
10	0,910	3	0,032

Fuente: El autor

Con los valores de la tabla 6, se procedió a preparar las soluciones desinfectantes de aceite esencial de tomillo, donde se sumergieron las lechugas durante 5 minutos.

- Aceite esencial de orégano

Para la preparación de la solución desinfectante con este aceite se tomó en cuenta las concentraciones a preparar (1, 5 y 10 ppm) presentadas en la tabla 7, la densidad del aceite de orégano (0,91 g/ml), y el volumen requerido; con estos datos se aplicó las fórmulas de la figura 7 y se obtuvo el volumen a disolver en 3000 ml de agua.

$$V_1 = \frac{C * V_2}{\delta * 1000}$$

Figura 7. Fórmula para obtener el volumen de aceite a utilizar

Donde:

V_1 = Volumen de desinfectante (ml)

C_1 = concentración de aceite esencial de orégano a utilizar (ppm)

V_2 = Volumen de solución requerida (L).

δ = densidad del aceite esencial de orégano (g/ml)

Tabla 7*Volúmenes de aceite esencial de orégano para preparar las soluciones desinfectantes*

Concentraciones (ppm)	Densidad del aceite de orégano (g/ml)	Volumen requerido (L)	Volumen de aceite de orégano (ml)
1	0,910	3	0,003
5	0,910	3	0,016
10	0,910	3	0,032

Fuente: El autor

Con los valores de la tabla 7, se procedió a preparar las soluciones desinfectantes de aceite esencial de orégano, donde se sumergieron las lechugas durante 5 minutos.

- Ozono

En el caso de la preparación de la solución desinfectante con ozono se consideró las recomendaciones del fabricante del ozonificador, en el que nos indica que para conservar los alimentos frescos se debe de aplicar 5 minutos de desinfección, mientras que para eliminar las bacterias es necesario la aplicación del ozono de 10 minutos; es importante aclarar que para realizar las comparaciones con los resultados de otras investigaciones, se calculó las concentraciones de ozono para 5 y 10 minutos de tratamiento, para la cual se utilizó la fórmula descrita en la figura 8, los resultados de este cálculo constan en la tabla 8.

$$C_1 = \frac{t * C_2}{V}$$

Figura 8. Fórmula para obtener la concentración de ozono

Donde:

C₁ = Concentración necesaria (ppm)

t = Tiempo de desinfección del agua (h)

C₂ = Concentración del ozonificador (mg/h)

V = Volumen requerido (L)

Tabla 8*Concentraciones de ozono a utilizar para preparar las soluciones desinfectantes*

Tiempo (h)	Concentración del ozonificador (mg/h)	Volumen requerido (L)	Concentración necesaria (ppm)
0,083	500	4,15	10
0,167	500	4,15	20

Fuente: El autor

La aplicación de esta solución desinfectante se realizó de la siguiente manera, primero se colocó 4,17 litros de agua y se adicionó ozono según los tiempos que constan en la tabla 8. En la solución desinfectante preparada, se sumergieron las lechugas durante de 3 minutos.

3.4.1.2.4. Secado

Debido a que en la investigación se realizó para dos tipos de lechuga, se utilizó dos métodos de secado. Para el caso de la lechuga en repollo se colocó durante 2 minutos en una bandeja con orificios hasta que se escurra la mayor cantidad de agua, luego utilizando papel secante se terminó de retirar el agua restante; mientras que en el caso de las lechugas en hoja se utilizó un escurridor, que mediante movimientos centrífugos se retiró el exceso de agua.

3.4.1.2.5. Envasado

Una vez secadas las lechugas en repollo y en hoja se procedieron a colocarlas en las bandejas de poliestireno cubiertas por film.

3.4.1.2.6. Almacenamiento

Se almaceno las lechugas en el refrigerador a temperatura de 4°C, durante el tiempo de vida útil del producto.

3.4.1.3. Análisis organoléptico de las pruebas preliminares.

Una vez culminado todo el proceso poscosecha de la lechuga, con cuatro desinfectantes y diferentes concentraciones, se procedió a evaluar las características organolépticas; y con estos resultados se estableció los tratamientos definitivos.

Para realizar el análisis organoléptico se tomó en cuenta parámetros de calidad como el sabor, textura y apariencia, utilizando una escala hedónica de nueve puntos (ver tabla 3); se seleccionaron 7 catadores (consumidores de los productos) para realizar las pruebas, la catación se realizó a las 8 de mañana cada siete días hasta el tiempo final del almacenamiento.

3.4.1.4. Establecimiento de los desinfectantes definitivos.

Una vez evaluados los resultados del análisis organoléptico de los tratamientos preliminares, se estableció los tratamientos definitivos tomando en consideración aquellos que presentaron mayor tiempo de almacenamiento para cada desinfectante.

3.4.1.5. Pruebas definitivas con los tratamientos establecidos.

Una vez seleccionado el tipo y concentración de los desinfectantes, se procedió a realizar las pruebas definitivas, es decir, se llevó a cabo el manejo poscosecha como se indica en la figura 4; además, a los productos elaborados se realizaron análisis físico – químico, organoléptico y microbiológico, cuyos procedimientos se describen a continuación.

3.4.1.5.1. Análisis organolépticos.

Para realizar estos análisis se siguió los mismos procedimientos mencionados en las pruebas preliminares.

3.4.1.5.2. Análisis físico – químico.

Para la determinación de las características físico- químicas de la lechuga en repollo y en hoja se procedió a aplicar las siguientes metodologías.

Determinación de humedad

Para obtener el porcentaje de humedad se siguió dos procedimientos que se detallan a continuación. Primero se determinó la materia seca parcial mediante el método gravimétrico, que consiste en colocar 150 a 200 gramos de lechuga en fundas de papel, luego se las introduce en la estufa a 65°C, pasado 24 horas se retira las muestras y se deja enfriar para poder pesar; una vez que la muestra tuvo peso constante se procedió a triturarla y se la deposita en un recipiente con tapa que no permite la entrada de aire; segundo, se determinó la materia seca total pesando 2 gramos de la muestra triturada en crisoles de porcelana, para luego ingresarlos a la estufa a

105°C, pasado 24 horas se retiran las muestras de la estufa y se las coloca en un desecador hasta que estos se enfríen, para luego pesarlos. Este procedimiento se detalla en el anexo 1.

Determinación de cenizas

Primero se pesó los crisoles de porcelana vacíos, después se colocó 1 gramo de muestra triturada y se introdujo a la mufla a 550°C; pasado 3 horas la muestra fue retirada y se la colocó en un desecador para el enfriamiento, después se procedió a pesar la muestra. El procedimiento se detalla en el anexo 2.

Determinación de proteína

Se realizó mediante el método Kjeldahl que comprende 3 etapas, la primera es la digestión, el cual se la realiza en presencia de ácido sulfúrico concentrado, la segunda es la destilación que se lleva a cabo en presencia de hidróxido de sodio al 40% y finalmente la valoración que se realiza con ácido sulfúrico al 0,1 normal. El detalle del proceso se presenta en el anexo 3.

Determinación de fibra

El procedimiento para la determinación de este componente se llevó acabo siguiendo la norma AOAC 962.09, que comprende dos etapas; la primera consistió en etiquetar y pesar crisoles de vidrio para luego añadir 1 gramo de muestra triturada y colocarlo en el extractor de fibra, posteriormente se agregó 150 ml de una solución básica (ácido sulfúrico) y se sometió a ebullición durante 30 minutos, luego se lavó para eliminar residuos de esta solución; la segunda etapa consiste en agregar 150 ml de una solución acida (hidróxido de potasio) y dejar en ebullición 30 minutos para luego lavar. Enseguida los crisoles fueron retirados del extractor y se ingresó a la estufa a 105°C por 8 horas. El procedimiento se detalla en el anexo 4.

Determinación de carbohidratos

Para cuantificar el porcentaje de carbohidratos se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = Ms - (Pr + Cz + Gs)$$

Donde:

C: porcentaje de carbohidratos

Ms: porcentaje de materia seca

Pr: porcentaje de proteína

Cz: porcentaje de cenizas

Gs: porcentaje de grasas

Determinación de lípidos

Debido a que la lechuga contiene una baja cantidad de grasa como se muestra en la tabla 2, no fue necesario llevar a cabo esta determinación.

3.4.1.5.3. Análisis microbiológicos.

Para la preparación de la muestra se cortó con un bisturí estéril 10 gramos de diferentes partes de la lechuga, una vez cortada se colocó en el vaso de la licuadora con 90 ml de agua peptonada y las mezclas fueron homogenizadas durante 3 min (primera dilución), para la lechuga testigo se realizó una segunda dilución, es decir de la muestra homogenizada se tomó 1 ml con una micropipeta y se añadió en un tubo de ensayo que contenía 9 ml de agua peptonada.

Para la inoculación e incubación se procedió a añadir en las placas petrifilm 1 ml de muestra homogenizada y esta se colocó en una incubadora a 37°C durante 24, 48 y 72 horas para coliformes totales, *E. coli* y, mohos y levaduras, respectivamente.

Una vez transcurrido el tiempo de incubación se realizó el recuento de las colonias como lo indica la guía de interpretación de las placas petrifilm descritas en el anexo 5.

Los resultados de los análisis organolépticos, físico-químicos y microbiológicos sirvieron de insumo para cumplir con el segundo objetivo.

3.4.2. Metodología para el segundo objetivo.

Evaluar la vida útil de los tratamientos de lechuga empacada lista para el consumo, considerando los cambios físico-químicos, organolépticos y microbiológicos.

En este objetivo se evaluó la vida útil de los tres tratamientos definitivos de los dos tipos de lechuga empacada (repollo y en hoja), para lo cual, se partió de los resultados de los análisis físico – químico, organoléptico y microbiológico de los 3 desinfectantes, y se analizaron tomando en consideración el desinfectante que podía mantener durante mayor tiempo la vida útil,

para finalmente establecer los parámetros óptimos de desinfección que permita desarrollar un producto inocuo y de calidad.

3.4.3. Metodología para el tercer objetivo

Determinar los costos de producción del mejor tratamiento

Para determinar los costos producción del mejor tratamiento, se tomó en cuenta los costos fijos tales como: luz y arriendo; y los costos variables que comprende la lechuga, empaques, desinfectantes y tween 20.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Establecimiento de los parámetros óptimos de desinfección

Para llevar a cabo este objetivo, primero definió las variedades de lechuga a investigar, y luego se realizó las pruebas preliminares considerando cuatro tipos y concentraciones de desinfectantes y finalmente se analizó las características organolépticas para establecer los tratamientos definitivos.

4.1.1. Definición de las variedades de lechuga.

Para realizar esta actividad se tomó en cuenta las variedades de lechuga que más producen y comercializan los agricultores de Chuquiribamba, las cuales fueron Batavia (hoja) y Mac o criolla (iceberg).

4.1.2. Pruebas preliminares de tipos y concentración de desinfectantes

Como se describió en la metodología para el primer objetivo, las pruebas preliminares se realizaron con cuatro desinfectantes en concentraciones diferentes, siguiendo la metodología de la figura 4, el cual describe el proceso poscosecha para la elaboración de la lechuga empacada.

Una vez elaboradas las lechugas en repollo y en hoja empacadas se procedió a evaluar las características organolépticas durante su tiempo de almacenamiento, los resultados se muestran en las tablas 9 y 10.

Tabla 9*Resultados del análisis organoléptico vs tiempo de almacenamiento de las pruebas preliminares de lechuga en repollo*

Tratamientos	Concentración (ppm)	Tiempo en refrigeración (días)	Apariencia		Textura		Sabor	
			to	tf	to	tf	to	tf
Testigo	--	20	7,6(0,2) ^{aw}	3,7(0,2) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}
Hipoclorito de sodio	50	28	7,6(0,2) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,8(0,3) ^{ax}
	100	30	7,6(0,2) ^{aw}	3,7(0,2) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}
	200	35	7,8(0,2) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,8(0,3) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,7(0,2) ^{ax}
Aceite esencial de orégano	1	30	7,7(0,1) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,8(0,3) ^{ax}
	5	38	7,8(0,2) ^{aw}	3,8(0,3) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}
	10	34	7,6(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}
Aceite esencial de tomillo	1	30	7,7(0,1) ^{aw}	3,8(0,3) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}
	5	42	7,8(0,2) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}
	10	34	7,7(0,1) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}
Ozono	10	50	7,6(0,2) ^{aw}	3,8(0,3) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}
	20	63	7,8(0,2) ^{aw}	3,6(0,1) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,8(0,3) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,7(0,2) ^{ax}

a..: diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ($p < 0,05$)

w-x: diferentes superíndices dentro de la misma fila (atributo), indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$)

Fuente: El autor

En la tabla 9 se muestran los resultados de las pruebas preliminares de la evaluación organoléptica y el tiempo de refrigeración de la lechuga en repollo, en esta se observa que el tratamiento testigo tuvo menor tiempo de refrigeración (20 días) en comparación con las lechugas desinfectadas (28 a 63 días); como se mencionó en los fundamentos teóricos, este comportamiento se debe al efecto antimicrobiano de los desinfectantes. Así mismo, en otras investigaciones se observó un comportamiento similar; por ejemplo González, Palacios y Martínez (2013) comprobaron que las lechugas desinfectada con hipoclorito de sodio y envasada, tuvieron 5 días más de almacenamiento en comparación a aquellas que no recibieron ningún tratamiento de desinfección; por otro lado, Suárez (2013) demostró que las lechugas desinfectadas con radiación ultravioleta se mantenían durante 2 días más en comparación con las que no recibieron radiación.

Además, es importante recalcar que cada desinfectante presenta una concentración óptima, en la cual tuvo mayor tiempo de refrigeración; tal es así que, las lechugas que fueron desinfectadas con 200 ppm de hipoclorito de sodio permanecieron en refrigeración durante 35 días, mientras que las otras concentraciones presentaron menor tiempo de refrigeración. En el caso de las muestras tratadas con 1 y 10 ppm de aceites esenciales de tomillo y orégano, tuvieron menor tiempo de refrigeración, esto es 30 y 34 días, respectivamente, mientras que las desinfectadas con 5 ppm de aceite de tomillo se conservaron 42 días y con aceite de orégano 38 días en refrigeración.

También se puede observar que los productos que fueron sometidos a una concentración 20 ppm de ozono, tuvieron mayor tiempo de refrigeración (63 días), que las desinfectadas con 10 ppm de ozono (50 días). La efectividad del ozono para lograr mantener la calidad de los alimentos ha sido comprobada por varios autores, tal es así que, García, Santa y Bataller (2010) demostraron que al aplicar el tratamiento de desinfección con 0,5 a 1,5 ppm de ozono disuelto en frutas y hortalizas, se logró mantener hasta 25 días en condiciones de almacenamiento; Wei et al. (2000) determinaron en varios vegetales que el ozono permite retrasar la maduración entre el 20 y 30%, al retrasar la velocidad de respiración de lechugas y la pérdida de firmeza, así mismo, García, Mount y Davidson (2003) demostraron que al desinfectar lechuga iceberg con cloro, ozono o una combinación de ellos, tuvieron una vida útil de 16, 20 y 25 días, respectivamente.

Como se puede observar en la tabla 9, los resultados del análisis organoléptico para los atributos de apariencia, textura y sabor, muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos analizados, tanto al inicio de las pruebas como al final del tiempo de almacenamiento; es decir, para el tiempo inicial se muestran valores próximos a 8, lo cual es equivalente a gusta mucho (escala hedónica), y para el tiempo final se observa valores entre 3 y 4, que corresponde a la calificación de disgusta moderadamente y disgusta poco, respectivamente. Esto se debe a procesos fisiológicos del producto (respiración y transpiración), a la actividad metabólica de los microorganismos y a la actividad de las enzimas. Otros autores encontraron un comportamiento similar al descrito anteriormente; por ejemplo, Chuquitarco (2014) demostró que la textura, sabor y aceptabilidad de la lechuga en repollo disminuye a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento en refrigeración, utilizando aceite esencial de tomillo a 250 ppm; así mismo, Tixilema (2015) comprobó que usando el mismo tipo y concentración de desinfectante en lechuga, existió un descenso de la calidad organoléptica durante los diez días en refrigeración, donde al día seis tuvo una calificación de muy bueno y al octavo día presentó una valoración equivalente a no gusta ni disgusta a bueno. Gil, Allende, Beltrán y Selma (2007) al desinfectar la lechuga iceberg con agua ozonizada activada con luz UV-C mantuvo la calidad sensorial y controló el pardeamiento de la lechuga sin causar una reducción en los constituyentes antioxidantes.

Tabla 10

Resultados del análisis organoléptico vs tiempo de almacenamiento de las pruebas preliminares de lechuga en hoja

Desinfectante	Concentración (ppm)	Tiempo de refrigeración (días)	Apariencia		Textura		Sabor	
			to	tf	to	tf	to	tf
Testigo	-	12	7,7(0,1) ^{aw}	3,4(0,4) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}
Hipoclorito de sodio	50	25	7,7(0,1) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,4(0,4) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,6(0,2) ^{ax}
	100	27	7,6(0,2) ^{aw}	3,4(0,4) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,5(0,1) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}
	200	35	7,8(0,2) ^{aw}	3,7(0,2) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,6(0,2) ^{ax}	7,6(0,2) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}
Aceite esencial de orégano	1	25	7,7(0,1) ^{aw}	3,6(0,2) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,5(0,1) ^{aw}	3,8(0,4) ^{ax}
	5	32	7,6(0,2) ^{aw}	3,7(0,2) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}	7,6(0,2) ^{aw}	3,7(0,2) ^{ax}
	10	15	7,8(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,6(0,2) ^{ax}	7,6(0,2) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}
Aceite esencial de Tomillo	1	25	7,7(0,1) ^{aw}	3,6(0,2) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,6(0,2) ^{ax}	7,5(0,1) ^{aw}	3,4(0,3) ^{ax}
	5	35	7,6(0,2) ^{aw}	3,4(0,4) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,7(0,2) ^{ax}	7,5(0,1) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}
	10	15	7,6(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,5(0,2) ^{aw}	3,8(0,4) ^{ax}	7,5(0,1) ^{aw}	3,8(0,4) ^{ax}
Ozono	10	20	7,7(0,1) ^{aw}	3,5(0,2) ^{ax}	7,6(0,1) ^{aw}	3,6(0,2) ^{ax}	7,6(0,2) ^{aw}	3,6(0,2) ^{ax}
	20	28	7,8(0,2) ^{aw}	3,8(0,4) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,8(0,4) ^{ax}	7,7(0,2) ^{aw}	3,7(0,2) ^{ax}

a..: diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ($p < 0,05$)

w-x: diferentes superíndices dentro de la misma fila (atributo), indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$).

Fuente: El autor

De la misma forma, en la tabla 10 se presenta para los diferentes tratamientos de las pruebas preliminares, los resultados del tiempo de refrigeración y la evaluación organoléptica para la lechuga en hoja, en la que se puede observar que los tratamientos que fueron sometidas a soluciones desinfectantes tuvieron mayor tiempo de refrigeración en comparación con el testigo (sin desinfectante). En el caso de los tratamientos con desinfectante es posible ver que tienen una concentración óptima para cada uno de ellos, es decir, las lechugas desinfectadas con hipoclorito de sodio a 200 ppm tuvieron un tiempo de refrigeración de 35 días, mientras que las que fueron desinfectadas a 50 y 100 ppm permanecieron 25 y 27 días en refrigeración, respectivamente. En el caso de los productos desinfectados con los aceites esenciales de tomillo y orégano a 5 ppm alcanzaron mayor tiempo de refrigeración en comparación con las otras concentraciones, esto es 35 y 32 días para tomillo y orégano, respectivamente. En cuanto a las lechugas desinfectadas con ozono se puede observar que, aquellas tratadas con 20 ppm tuvieron 28 días de refrigeración, mientras que las desinfectadas a una concentración de 10 ppm duraron 20 días en refrigeración.

Finalmente, en la tabla 10 se puede observar que para todos los tratamientos tanto al inicio de las pruebas como al final del tiempo de refrigeración, las características organolépticas de apariencia, textura y sabor permanecen sin diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95%. Los atributos de apariencia, textura y sabor al inicio del almacenamiento presentan valores cercanos a 8, lo que significa en la escala hedónica que los productos gustan mucho; mientras que cuando llega al final del tiempo de almacenamiento presenta valores entre 3 y 4 que corresponde a la calificación de disgusta moderadamente y disgusta poco, respectivamente.

Como se puede observar en esta tabla, los resultados del análisis organoléptico tuvieron un comportamiento similar a las lechugas en repollo, por lo que se puede inferir que las investigaciones descritas anteriormente también hacen referencia a este tipo de lechuga.

4.1.3. Establecimiento de los desinfectantes definitivos.

Según lo antes descrito y como se puede observar en las tablas 9 y 10 los desinfectantes y concentraciones aplicados a las lechugas en repollo y en hoja, que obtuvieron mayor tiempo de almacenamiento fueron: el hipoclorito de sodio a 200 ppm, aceite de tomillo a una concentración

de 5 ppm y ozono a 20 ppm; no se tomó en cuenta el aceite esencial de orégano debido a que presenta menor tiempo de almacenamiento que los demás desinfectantes.

4.1.4. Resultados de los análisis organoléptico, físico-químico y microbiológico de los tratamientos definitivos.

Los tratamientos definitivos, se aplicaron el proceso poscosecha, en el que se aplicó la desinfección considerando los tratamientos definitivos. A continuación, se presentan los resultados y la discusión de los análisis organolépticos, físico – químicos y microbiológicos de los tratamientos definitivos.

4.1.4.1. Análisis organoléptico

Tabla 11

Resultados del análisis organoléptico vs tiempo de almacenamiento de las tratamientos definitivos de lechuga en repollo

Tiempo (días)	Apariencia				Textura				Sabor			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
0	7,6(0,5) ^{aw}	7,5(0,5) ^{aw}	7,6(0,5) ^{aw}	7,8(0,5) ^{aw}	7,6(0,5) ^{aw}	7,3(0,5) ^{aw}	7,4(0,5) ^{aw}	7,4(0,5) ^{aw}	7,3(0,5) ^{aw}	7,1(0,4) ^{aw}	7,3(0,5) ^{aw}	7,4(0,5) ^{aw}
7	6,5(0,5) ^{bw}	6,5(0,5) ^{bw}	7,4(0,5) ^{ax}	7,5(0,5) ^{ax}	6,3(0,5) ^{bw}	6,4(0,5) ^{bw}	7,3(0,5) ^{ax}	7,4(0,4) ^{ax}	5,8(0,5) ^{bw}	6,4(0,5) ^{bx}	7,1(0,4) ^{ay}	7,3(0,5) ^{ay}
14	4,5(0,5) ^{cw}	5,5(0,5) ^{cx}	6,5(0,5) ^{by}	7,3(0,5) ^{az}	4,3(0,5) ^{ew}	5,3(0,5) ^{cx}	6,4(0,5) ^{by}	6,9(0,4) ^{bz}	4,8(0,5) ^{ew}	5,4(0,5) ^{cx}	6,6(0,5) ^{by}	7,3(0,4) ^{az}
21	3,5(0,5) ^{dw}	4,5(0,5) ^{dx}	5,5(0,5) ^{cy}	6,6(0,5) ^{bz}	3,3(0,5) ^{dw}	4,3(0,5) ^{dx}	5,3(0,5) ^{cy}	6,5(0,5) ^{bz}	3,6(0,5) ^{dw}	4,6(0,5) ^{dx}	5,8(0,5) ^{cy}	6,8(0,5) ^{bz}
28		3,5(0,5) ^{ew}	5,3(0,5) ^{cx}	6,4(0,5) ^{by}		3,4(0,5) ^{ew}	5,3(0,5) ^{cx}	6,3(0,5) ^{cy}		3,4(0,5) ^{ew}	5,3(0,5) ^{dx}	6,3(0,5) ^{cy}
35		3,3(0,5) ^{ew}	4,5(0,5) ^{dx}	5,6(0,5) ^{cy}		3,1(0,4) ^{ew}	4,3(0,5) ^{dx}	5,6(0,5) ^{dy}		3,3(0,5) ^{fw}	4,5(0,5) ^{ex}	5,5(0,5) ^{dy}
42			3,5(0,5) ^{ew}	5,4(0,5) ^{cx}			3,3(0,5) ^{ew}	5,4(0,5) ^{dx}			3,5(0,5) ^{fw}	5,3(0,5) ^{dx}
49				5,3(0,5) ^e				4,6(0,5) ^e				4,5(0,5) ^e
56				4,6(0,5) ^d				4,3(0,5) ^e				3,6(0,5) ^f
63				3,5(0,5) ^e				3,4(0,5) ^f				3,3(0,5) ^f

a-f: diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$)

w-z: diferentes superíndices dentro de la misma fila (atributo) indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ($p < 0,05$)

Fuente: El autor

En la tabla 11 se muestran los resultados de la evaluación organoléptica de las pruebas definitivas realizadas en las lechugas en repollo; en esta se puede observar que las lechugas que fueron sometidas a hipoclorito de sodio, aceite esencial de tomillo y ozono tuvieron 35, 42 y 63 días de almacenamiento, respectivamente; mientras que el tratamiento testigo permanecieron en refrigeración solamente 21 días. Al comparar los tratamientos que recibieron desinfección se puede concluir que las lechugas desinfectadas con ozono presentaron mayor tiempo de almacenamiento, lo cual se debe a la actividad antimicrobiana de los desinfectantes.

Además, como se observó en las pruebas preliminares y en los tratamientos definitivos con lechuga en hoja, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento va disminuyendo la calidad organoléptica de la lechuga, en cuanto a apariencia, textura y sabor; esta tendencia se contrasta con el análisis estadístico en el que se observa que existe diferencia significativa (nivel de confianza 95%) entre los valores del análisis organoléptico.

Además, en esta tabla se puede ver que el mejor tratamiento de desinfección tomando en consideración los resultados de los atributos organolépticos fue con el ozono, el cual tuvo el siguiente comportamiento; en el tiempo cero presenta valores comprendidos entre 7,3 a 7,6 en los tres atributos organolépticos que equivale (escala hedónica) a gusta moderadamente (7) y gusta mucho (8); mientras que al llegar al tiempo final de almacenamiento presenta valores entre 3,3 y 3,5 que corresponde a disgusta moderadamente (3) y disgusta poco (4). Igualmente, esto se contrastó con el análisis estadístico que muestra diferencias significativas entre las calificaciones con un nivel de confianza del 95%.

De la misma forma, los resultados del análisis organoléptico de los tratamientos definitivos para la lechuga de repollo, son similares a los descritos anteriormente en las pruebas preliminares para este tipo de producto.

Tabla 12

Resultados del análisis organoléptico vs tiempo de almacenamiento de las tratamientos definitivos de lechuga en hoja

Tiempo (días)	Apariencia				Textura				Sabor			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
0	7,5(0,5) ^{aw}	7,6(0,5) ^{aw}	7,5(0,5) ^{aw}	7,5(0,5) ^{aw}	7,4(0,5) ^{aw}	7,3(0,5) ^{aw}	7,4(0,5) ^{aw}	7,3(0,5) ^{aw}	7,3(0,5) ^{aw}	7,3(0,5) ^{aw}	7,3(0,5) ^{aw}	7,1(0,3) ^{aw}
7	6,4(0,5) ^{bw}	6,8(0,5) ^{bwx}	7,1(0,4) ^{ax}	6,5(0,5) ^{bw}	6,4(0,5) ^{bw}	6,9(0,4) ^{abxy}	7,1(0,5) ^{ay}	6,5(0,5) ^{bwx}	5,9(0,6) ^{bw}	6,5(0,5) ^{bx}	6,5(0,5) ^{bx}	6,5(0,5) ^{bx}
14	5,4(0,5) ^{cx}	6,3(0,5) ^{cy}	6,6(0,5) ^{by}	4,6(0,5) ^{cw}	5,3(0,5) ^{cw}	6,5(0,5) ^{bx}	6,5(0,5) ^{bx}	5,6(0,5) ^{cw}	4,6(0,5) ^{cw}	5,8(0,5) ^{cx}	5,9(0,5) ^{cy}	5,4(0,5) ^{cx}
21	3,5(0,5) ^{dw}	5,6(0,5) ^{dy}	6,0(0,0) ^{cy}	4,4(0,5) ^{cx}	3,1(0,6) ^{dw}	5,4(0,5) ^{cy}	4,8(0,5) ^{cx}	4,6(0,5) ^{dx}	3,6(0,5) ^{dw}	5,3(0,5) ^{dy}	5,3(0,5) ^{dy}	4,5(0,5) ^{dx}
28		5,3(0,5) ^{dx}	5,4(0,5) ^{dx}	3,5(0,5) ^{dw}		4,6(0,5) ^{dw}	4,4(0,5) ^{cw}	3,6(0,5) ^{ex}		4,4(0,5) ^{ew}	4,4(0,5) ^{ew}	3,4(0,5) ^{ex}
35		3,5(0,5) ^{ew}	3,6(0,5) ^{ew}			3,6(0,5) ^{ew}	3,3(0,5) ^{dw}			3,4(0,5) ^{fw}	3,5(0,5) ^{fw}	

a-f: diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$)

w-y: diferentes superíndices dentro de la misma fila (atributo) indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ($p < 0,05$)

Fuente: El autor

Del mismo modo, en la tabla 12 se presentan los resultados de la evaluación del análisis organoléptico de la lechuga en hoja correspondiente a las pruebas definitivas, en ella se puede observar que las lechugas que no recibieron ningún tratamiento tuvieron un menor tiempo de almacenamiento (21 días), en base a los parámetros de apariencia, textura y sabor; en el caso de las lechugas desinfectadas con ozono permanecieron 28 días en refrigeración, mientras que las muestras tratadas con hipoclorito de sodio y las desinfectadas con aceite esencial de tomillo alcanzaron 35 días de almacenamiento, como se comentó anteriormente estos resultados se deben a la actividad antimicrobiana de los desinfectantes.

Además, se puede observar que las lechugas van perdiendo calidad organoléptica con el paso del tiempo de almacenamiento, esto se contrasta con el análisis estadístico, el cual nos indica que a medida que pasan los días existe diferencia significativa entre los valores con un nivel de confianza del 95%. Como se comentó anteriormente esto se debe a los procesos fisiológicos, microbianos y enzimáticos.

Los tratamientos 2 y 3 que corresponden a las lechugas en hoja desinfectadas con hipoclorito de sodio y aceite esencial de tomillo, respectivamente; tuvieron mayor tiempo de almacenamiento como se observa en la tabla 12; los atributos de apariencia, textura y sabor en tiempo inicial presentan valores entre 7,3 a 7,6 correspondiente a las calificaciones de gusta moderadamente (7) y gusta mucho (8), según la escala hedónica de 9 puntos; a partir del día 7 hasta el 35 existe un marcado descenso de la calidad organoléptica, donde al día 35 presenta valores entre 3,3 y 3,6 que corresponde a disgusta moderadamente (3) y disgusta poco (4). Igualmente, esto se contrastó con el análisis estadístico que muestra diferencias significativas entre las calificaciones con un nivel de confianza del 95%.

Finalmente, se puede concluir que los resultados del análisis organoléptico de los tratamientos definitivos para la lechuga en repollo, son similares a los descritos anteriormente en las pruebas preliminares para este tipo de producto.

4.1.5. Análisis físico – químico.

Tabla 13

Resultados del análisis físico - químico de los tratamientos definitivos de lechuga en repollo

Tratamientos	Humedad (%)		Proteína (%)		Carbohidratos y lípidos (%)		Cenizas (%)		Fibra (%)	
	to	tf	to	tf	to	tf	to	tf	to	tf
T1	95,7(0,2) ^{aw}	95,6(0,3) ^{aw}	0,9(0,2) ^{aw}	0,9(0,1) ^{aw}	2,7(0,2) ^{aw}	2,7(0,3) ^{aw}	0,7(0,1) ^{aw}	0,7(0,2) ^{aw}	0,9(0,1) ^{aw}	1,0(0,5) ^{aw}
T2	95,4(0,2) ^{aw}	95,2(0,1) ^{aw}	0,8(0,2) ^{aw}	0,9(0,1) ^{aw}	2,9(0,2) ^{aw}	3,0(0,2) ^{aw}	0,9(0,1) ^{aw}	0,9(0,2) ^{aw}	0,8(0,1) ^{aw}	1,0(0,5) ^{aw}
T3	95,6(0,1) ^{aw}	95,5(0,2) ^{aw}	0,9(0,2) ^{aw}	0,9(0,2) ^{aw}	2,9(0,2) ^{aw}	2,9(0,2) ^{aw}	0,6(0,1) ^{aw}	0,7(0,2) ^{aw}	0,9(0,1) ^{aw}	0,9(0,4) ^{aw}
T4	95,4(0,3) ^{aw}	95,2(0,2) ^{aw}	1,0(0,3) ^{aw}	1,0(0,2) ^{aw}	2,8(0,1) ^{aw}	3,0(0,2) ^{aw}	0,6(0,1) ^{aw}	0,6(0,2) ^{aw}	0,9(0,1) ^{aw}	1,0(0,5) ^{aw}

a-: diferentes superíndices dentro de la misma columna (tratamiento), indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ($p < 0,05$)

w-: diferentes superíndices dentro de la misma fila (nutriente), indica que existe diferencias significativas debido a tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$)

Fuente: El autor

Como se puede observar en la tabla 13 se presentan los resultados del análisis físico-químico para la lechuga en repollo, en ella se muestra que para todos los tratamientos los porcentajes de humedad, proteína, carbohidratos, lípidos, cenizas y fibra, tanto para el inicio como para el final del tiempo de almacenamiento, no existe diferencias significativas entre ellas, tomando en cuenta un nivel de confianza del 95%. Así mismo, se han realizado estudios donde se observa comportamientos similares, como por ejemplo Chuquitarco (2014) demostró que no existe diferencias en el contenido de humedad entre las lechugas que no recibieron desinfección (96,66%) y las que si las recibieron (96,65%); González, Palacios y Martínez (2013) exponen que existen varias investigaciones donde concluyen que el uso de desinfectantes tales como hipoclorito de sodio, ácido peracético y dióxido de cloro no alteran las propiedades físico - químicas de los alimentos.

En la comparación de los resultados obtenidos en esta tabla y los valores de la composición química de la lechuga iceberg, se puede observar que no existen grandes diferencias; por ejemplo, en el contenido de humedad de la tabla 13 muestra un valor promedio de 95,5%, mientras que en la tabla 2 se observa un valor de 95,64%, lo mismo sucede con el resto de nutrientes de la lechuga iceberg, con esto se puede concluir que el uso de los desinfectantes y el tiempo de almacenamiento no afectan al valor nutritivo del producto.

Tabla 14*Resultados del análisis físico - químico de los tratamientos definitivos de lechuga en hoja*

Tratamientos	Humedad (%)		Proteína (%)		Carbohidratos y lípidos (%)		Cenizas (%)		Fibra (%)	
	to	tf	to	tf	to	tf	to	tf	to	tf
T1	93,9(0,5) ^{ax}	93,7(0,5) ^{ax}	1,4(0,2) ^{aw}	1,5(0,3) ^{aw}	3,6(0,2) ^{aw}	3,6(0,1) ^{aw}	1,1(0,2) ^{aw}	1,2(0,3) ^{aw}	1,0(0,2) ^{aw}	1,6(0,3) ^{aw}
T2	94,3(0,4) ^{ax}	94,0(0,4) ^{ax}	1,2(0,2) ^{aw}	1,4(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{aw}	3,6(0,1) ^{aw}	1,0(0,2) ^{aw}	1,0(0,2) ^{aw}	1,0(0,2) ^{aw}	1,5(0,2) ^{aw}
T3	94,4(0,5) ^{ax}	94,3(0,5) ^{ax}	1,2(0,1) ^{aw}	1,2(0,3) ^{aw}	3,4(0,2) ^{aw}	3,6(0,1) ^{aw}	1,0(0,2) ^{aw}	0,9(0,2) ^{aw}	1,0(0,1) ^{aw}	1,3(0,3) ^{aw}
T4	94,3(0,4) ^{ax}	94,1(0,4) ^{ax}	1,3(0,1) ^{aw}	1,4(0,2) ^{aw}	3,4(0,2) ^{aw}	3,5(0,2) ^{aw}	1,0(0,2) ^{aw}	1,0(0,2) ^{aw}	1,0(0,1) ^{aw}	1,3(0,3) ^{aw}

a--: diferentes superíndices dentro de la misma columna indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$)**w--:** diferentes superíndices dentro de la misma fila (atributo) indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ($p < 0,05$)

Fuente: El autor

De la misma forma, en la tabla 14 se observa los resultados del análisis físico-químico de la lechuga en hoja, en cuanto al contenido de humedad, proteína, carbohidratos, lípidos, cenizas y fibra; los análisis fueron realizados inmediatamente después del proceso poscosecha y luego del tiempo de almacenamiento; entre los resultados más importantes que se puede evidenciar en esta tabla tenemos: que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los nutrientes para todos los tratamientos, los porcentajes de los nutrientes tanto para el tiempo inicial y final son bastante similares, mostrando nuevamente la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas. Igualmente, en la lechuga iceberg y en otros trabajos realizados por investigadores se observa que no existe grandes diferencias en la composición química de la lechuga, cuando se utiliza varios tipos y concentraciones de desinfectantes, por lo que se puede inferir que el efecto de los desinfectantes, tiempo de almacenamiento y la temperatura de refrigeración (4°C), no influye en la composición química de la lechuga.

4.1.6. Análisis microbiológico

Tabla 15

Resultados del análisis microbiológico de los tratamientos definitivos de lechuga en repollo

Tratamientos	Coliformes totales (UFC/g)		<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)		Mohos (UFC/g)		Levaduras (UFC/g)	
	to	tf	to	tf	to	tf	to	tf
T1	6,5 x10 ² (7,0x10 ¹) ^{aw}	9,0 x10 ³ (1,41x10 ²) ^{ax}	--	--	3,0 x10 ² (1,4x10 ²) ^a	--	--	--
T2	8,5 x10 ¹ (2,1x10 ¹) ^{bw}	1,1 x10 ² (2,1x10 ¹) ^{bw}	--	--	--	--	--	--
T3	6,5 x10 ¹ (7,0x10 ⁰) ^{bw}	8,5 x10 ¹ (7,0x10 ⁰) ^{bw}	--	--	1,5 x10 ¹ (7,0x10 ⁰) ^b	--	--	--
T4	6,0 x10 ¹ (7,0x10 ⁰) ^{bw}	7,2 x10 ¹ (4,0x10 ⁰) ^{bw}	--	--	2,7 x10 ¹ (4,0x10 ⁰) ^b	--	--	--

a-b: diferentes superíndices dentro de la misma columna indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ($p < 0,05$)

w-x: diferentes superíndices dentro de la misma fila (tipo de microorganismo), indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$)

Fuente: El autor

En la tabla 15 se muestran los resultados del análisis microbiológico de la lechuga en repollo, en tiempo inicial y final de almacenamiento, en ella se puede evidenciar que las muestras de lechuga analizadas no contienen *Escherichia coli* y levaduras, sin embargo, se observa la presencia de coliformes totales tanto al inicio como al final, mientras que existe recuento de mohos en los tratamientos T1, T3 y T4 para to, sin embargo, a tf existe ausencia de mohos, lo cual se debe al efecto inhibitorio de las bajas temperaturas como se comentó en la revisión bibliográfica.

En esta misma tabla también se evidencia que los tratamientos que fueron desinfectados (T2, T3 y T4) tuvieron menor carga microbiana en lo que tiene que ver con coliformes totales y mohos; mientras el tratamiento testigo (sin desinfectar) tuvo mayor cantidad de UFC/g; como se comentó en el marco teórico, este comportamiento se debe a la capacidad antimicrobiana que tiene los desinfectantes utilizados, por ejemplo, el cloro actúa sobre los procesos que suceden dentro de la célula de los microorganismos, inhibiendo la actividad enzimática, biosíntesis de proteínas, lesiones en las cadenas de ADN y otros procesos, dando como resultado la eliminación de varios tipos de microorganismos. De la misma forma, en bibliografía se puede encontrar trabajos que muestran comportamientos similares a los obtenidos en la presente investigación; por ejemplo, Garmendia y Vero (2006) demostró que el hipoclorito de sodio a una concentración de 200 ppm en lechuga, reducía la cantidad de bacterias y hongos en aproximadamente 3 órdenes; por otro lado, Tixilema (2015) comprobó la capacidad desinfectante del aceite esencial de tomillo en lechuga, logrando una eficiencia germicida de 87,8% para coliformes totales y 90,1% para mohos.

Es importante señalar, que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos desinfectados (nivel de confianza del 95%) a medida que transcurre el almacenamiento, excepto en las muestras tratadas con hipoclorito sodio, las cuales presentaron ausencia de mohos. Igualmente, este comportamiento microbiano se puede explicar desde el punto de vista del efecto antimicrobiano que presentan los desinfectantes, sumado a ello el efecto inhibitorio de las bajas temperaturas utilizado para esta investigación (4°C). En este sentido, otros autores también encontraron comportamientos similares, tal es así que, Mendoza y Cantor (2012) demostraron que desinfectando lechuga con cloro y almacenándola a 4°C por 5 días, no existieron diferencias significativas en los microorganismos analizados; así mismo, Aguayo,

Otón y Artés (2010) determinaron que no existe diferencias significativas en el contenido de microorganismos patógenos analizados en lechuga desinfectada con ozono y almacenada a 5°C durante 11 días.

Por otro lado, cabe mencionar que en Ecuador las normas INEN no establecen los límites máximos permisibles para microorganismos en lechuga, por lo que, para este análisis se consideró lo señalado por Pascual y Calderón (2000), los cuales presentan intervalos de los límites máximos permitidos que se deben considerar para hortalizas y verduras frescas, mismas que a continuación se describen: el rango para coliformes totales, mohos y levaduras va desde 1×10^2 a 1×10^4 UFC/g y para *E. coli* presenta un intervalo entre 1×10^1 a 1×10^2 UFC/g. Comparando estos valores con los resultados del análisis microbiológico para lechuga en repollo (ver tabla 15) se puede concluir que todos los tratamientos evaluados cumplen con los parámetros permisibles.

Tabla 16*Resultados del análisis microbiológico de los tratamientos definitivos de lechuga en hoja*

Tratamientos	Coliformes totales (UFC/g)		<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)		Mohos (UFC/g)		Levaduras(UFC/g)	
	to	tf	to	tf	to	tf	to	tf
T1	4,0x10 ³ (7,0x10 ²) ^{aw}	9,6x10 ³ (4,9 x10 ²) ^{ax}	–	–	1,4x10 ² (1,0x10 ¹) ^{aw}	1,7 x10 ² (2,1x10 ¹) ^{aw}	–	–
T2	9,5x10 ² (7,0x10 ¹) ^{bw}	1,1x10 ³ (7,0x10 ¹) ^{bw}	–	–	2,5x10 ¹ (0,7x10 ¹) ^{bw}	3,0x10 ¹ (4,2 x10 ¹) ^{bw}	–	–
T3	2,8x10 ² (4,0x10 ¹) ^{sw}	4,3x10 ² (1,1x10 ²) ^{sw}	–	–	4,0x10 ¹ (5,6x10 ¹) ^{bw}	6,5x10 ¹ (3,5x10 ¹) ^{bw}	–	–
T4	1,8x10 ² (4,0x10 ¹) ^{dw}	2,2x10 ² (5,0x10 ¹) ^{dw}	–	–	5,0x10 ¹ (2,8x10 ¹) ^{bw}	6,0x10 ¹ (2,8x10 ¹) ^{bw}	–	–

a-d: diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$)

w-x: diferentes superíndices dentro de la misma fila (atributo), indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ($p < 0,05$)

Fuente: El autor

En la tabla 16 se muestran los resultados del análisis microbiológico de la lechuga en hoja durante el tiempo de almacenamiento, en ella se puede observar un comportamiento muy similar a las lechugas en repollo, es decir, las muestras que fueron sometidas a hipoclorito de sodio, aceite esencial de tomillo y ozono tuvieron menor carga microbiana en cuanto a coliformes totales y mohos en comparación con el testigo (sin desinfectar); además, es importante mencionar que en ninguno de los cuatro tratamientos analizados existe la presencia de *Escherichia coli* y levaduras.

En esta misma tabla también se puede observar que, las lechugas tratadas con ozono presentan el menor recuento de coliformes totales en comparación con los demás tratamientos, lo cual guarda correspondencia con los resultados del análisis estadístico, donde se muestra la que diferencias significativas del T4 con relación a los demás tratamientos; sin embargo, no se encontró diferencias significativas en la cantidad de mohos, tanto para los tres tratamientos desinfectados (T2, T3 y T4) como para el tiempo de almacenamiento. Así mismo, para corroborar estos resultados se realizó una comparación con otros trabajos que muestran comportamientos similares, por ejemplo, Segura (2013) demostró que, al sumergir lechuga en agua ozonizada por 9 minutos, la cantidad de coliformes totales, mohos y levaduras permanecían constantes durante 10 días de almacenamiento, mientras que en el tratamiento testigo se observó un aumento de la carga microbiana.

Igualmente, se tomó en consideración lo descrito por Calderón y Pascual (2000) sobre los rangos máximos permisibles de microorganismos para hortalizas y verduras; comparando estos resultados con los expuestos en la tabla 16, se puede inferir que todos los tratamientos están dentro de los intervalos permitidos en cuanto a coliformes totales, *Escherichia coli*, mohos y levaduras.

4.2. Definición de la vida útil de los tratamientos definitivos considerando los resultados de los análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos.

Para cumplir con este objetivo, se realizó un análisis de los resultados de los tratamientos definitivos con desinfectante para los dos tipos de lechuga, sin tomar en cuenta el tratamiento testigo debido a que los valores de las características evaluadas presentan un comportamiento inferior en relación a los productos desinfectados.

4.2.1. Evaluación y definición de la vida útil considerando los resultados de los análisis físico-químico, organoléptico y microbiológico de la lechuga en repollo

En el caso de la lechuga en repollo se observa que el tratamiento 2 tuvo una duración en refrigeración de 35 días y los atributos de apariencia, textura y sabor presentaron valores entre 7,5 y 3,1 (escala hedónica), mientras que los resultados de los análisis físico-químico muestra que no existe diferencias significativas en los porcentajes de los nutrientes tanto al inicio como al final del almacenamiento; así mismo, se observa un pequeño aumento (no significativo) en el número de coliformes totales a to y tf , similar a los tratamientos 3 y 4, y la ausencia de *Escherichia coli*, mohos y levaduras.

El tiempo de almacenamiento de la lechuga en repollo desinfectada con aceite de tomillo (T3) fue de 42 días, presentó una disminución en su calidad organoléptica (7,6 a 3,3) en cuanto a apariencia, textura y sabor; con los otros tratamientos no existe cambios en la composición química cuando se compara entre el tiempo inicial y final de almacenamiento, así mismo, en los análisis microbiológicos no se muestra un aumento significativo de coliformes totales; además, en el caso de los caso del recuento de mohos se observa que aunque existe la presencia de este al inicio, mientras que al día 42 no existe la presencia de este microorganismo en el producto.

El tratamiento 4 (desinfectada con ozono) presento el mejor comportamiento en cuanto al tiempo de almacenamiento (63 días) en relación a los demás tratamientos, en cuanto a los atributos de la calidad organoléptica (apariencia, textura y sabor) presentaron valores de 7,8 a 3,3 (escala hedónica); así mismo, la composición química y la carga microbiana no se encontró diferencias significativas durante los 63 días en refrigeración; excepto, en el recuento de mohos donde existe ausencia de este microorganismo.

Para establecer la vida útil de los tratamientos se tomó en cuenta como parámetro principal el tiempo de almacenamiento en refrigeración, donde el producto conserva las características de calidad establecidas por las normas y recomendaciones; por lo tanto, se pueden definir que los valores de vida útil de los tratamientos para T2, T3 y T4 fueron 35, 42 y 63 días, respectivamente.

4.2.2. Establecer los parámetros óptimos de desinfección de la lechuga en repollo

En base al análisis anteriormente realizado, se puede definir que el mejor tratamiento para el desarrollo de un prototipo de lechuga en repollo empacada corresponde a las muestras desinfectadas con ozono a una concentración de 20 ppm, envasadas en bandejas de poliestireno expandido recubiertas con film y refrigeradas a 4°C, debido a que puede conservar durante 63 días las características organolépticas, físico-químicas y microbiológicas del producto.

4.2.3. Evaluación y definición de la vida útil considerando los resultados de los análisis físico-químico, organoléptico y microbiológico de la lechuga en hoja.

En relación a los tratamientos definitivos aplicado a las lechugas en hojas, se puede comentar lo siguiente: los pruebas realizadas con hipoclorito de sodio (T2) y con aceite esencial de tomillo (T3) conservaron sus atributos organolépticos en los límites recomendados durante 35 días; mientras que no existió diferencias significativas en la composición química, por otro lado, en cuanto a los análisis microbiológicos el tratamiento 2 presenta mayor cantidad (estadísticamente significativa) de coliformes totales que el tratamiento 3; en cuanto al tratamiento con ozono (T4) se observó que el producto se conserva menor tiempo (28 días) que los T2 y T3, y que la composición química y la calidad organoléptica es similar a las demás muestras, sin embargo, existió un mayor contenido de coliformes totales que los tratamientos 2 y 3.

Como en el caso de las lechugas en repollo, la definición de la vida útil de los tratamientos se realizó en base al tiempo de almacenamiento en refrigeración; siendo 35,35 y 28 días para el T2, T3 y T4, respectivamente.

4.2.4. Establecer los parámetros óptimos de desinfección de la lechuga en hoja

Igualmente, como se mencionó anteriormente para la lechuga en repollo, el mejor tratamiento para el desarrollo de un prototipo de lechuga en hoja, corresponde a las muestras desinfectadas con aceite esencial de tomillo a una concentración de 5 ppm, envasadas en bandejas de poliestireno expandido recubiertas con film y refrigeradas a 4°C, debido a que puede conservar durante 35 días las características organolépticas y físico-químicas, y aunque el tratamiento con hipoclorito de sodio también presenta el mismo comportamiento se decide descartar porque como se comentó en la revisión bibliografía, este desinfectante es capaz de

producir compuestos cancerígenos que puede producir cáncer en los consumidores. En el tema del análisis microbiológico se observa que los valores están dentro de los límites permisibles requeridos para asegurar la calidad e inocuidad de la lechuga.

4.3. Determinación de los costos de producción del mejor tratamiento.

Tomando en cuenta la definición de los mejores tratamientos para cada tipo de lechuga se procedió a determinar los costos de producción y el precio de venta al público, este último se calculó con el propósito de realizar una comparación con el precio de venta del producto en los mercados y supermercados de Loja.

A continuación, en la tabla 17 se presenta los costos de producción para la lechuga en repollo desinfectada con ozono.

Tabla 17

Resultados de los costos de producción para la lechuga en repollo desinfectada con ozono

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Costos fijos					
1	Luz	Kw-h	0,006	0,152	0,001
2	Ariendo	día	1,000	0,052	0,052
3	Depreciación de equipos y materiales	día	1,000	0,080	0,080
Subtotal					0,133
Costos variables					
1	Lechuga de repollo (680 a 750 g)	U	1,000	0,500	0,500
2	Bandeja de poliestireno expandido	U	1,000	0,150	0,150
3	Film	m	0,300	0,020	0,006
4	Agua	m ³	0,005	0,305	0,002
5	Mano de obra	min	2,000	0,037	0,074
Subtotal					0,732
Total					0,865
Utilidad (20%)					0,173
Precio de venta (PVP)					1,038

Fuente: El autor

Los costos de producción de este producto ascienden a 0,865 dólares americanos, para lo cual se ha considerado los costos fijos y variables que fueron necesarios para elaborar el producto, además, se decidió calcular el precio de venta al público considerando un margen de utilidad del 20%, el cual corresponde a USD 1,038, que comparado con USD 1,25 que es el precio de venta de las lechugas en repollo envasadas que se comercializan en el supermaxi de nuestra localidad, se puede concluir que este producto presenta una rentabilidad, la cual es beneficiosa para el productor.

Así mismo, en la tabla 18 se muestra los costos de producción del mejor tratamiento para la lechuga en hoja.

Tabla 18

Resultados de los costos de producción para la lechuga en hoja desinfectada con aceite de tomillo

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Costos fijos					
1	Luz	Kw-h	0,006	0,152	0,001
2	Ariendo	día	1,000	0,052	0,052
3	Depreciación de equipos y materiales	día	1,000	0,080	0,080
Subtotal					0,133
Costos variables					
1	Lechuga (150 a 200 g)	U	1,000	0,300	0,300
2	Bandeja de poliestireno expandido	U	1,000	0,150	0,150
3	Film	m	0,300	0,020	0,006
4	Aceite de tomillo	ml	0,015	0,075	0,001
5	Agua	m ³	0,005	0,305	0,002
7	Tween 20	ml	0,010	0,18	0,002
6	Mano de obra	min	2,000	0,037	0,074
Subtotal					0,535
Total					0,668
Utilidad (20%)					0,134
Precio de venta (PVP)					0,802

Fuente: El autor

Para la elaboración de un prototipo de lechuga empacada, se tomó en cuenta los costos fijos y variables de producción para obtener los costos de producción, que para este producto corresponde a 0,668 dólares americanos, además en esta tabla se muestra el precio de venta de la lechuga desinfectada con aceite esencial de tomillo que es de USD 0,802 considerando una utilidad del 20%, comparando estos resultados con los precios de las lechugas que se expenden en el supermaxi (USD 0,99), se puede decir que es un precio accesible para el consumidor y también rentable para el productor.

5. CONCLUSIONES

Los parámetros óptimos de desinfección para la lechuga en repollo fueron: el agente desinfectante es el ozono (T4), la concentración de 20 ppm y el tiempo de inmersión fue 10 minutos; en el caso de la lechuga en hoja el agente desinfectante fue el aceite esencial de tomillo, la concentración de 5 ppm y el tiempo inmersión de 5 minutos.

De los tratamientos definitivos realizados con las lechugas en repollo, el T4 desinfectado con ozono a 20 ppm fue el que presento el mayor tiempo de vida útil (63 días); mientras que para el caso de la lechuga en hoja, el T3 desinfectado con aceite esencial de tomillo 5 ppm fue el que mayor tiempo de vida útil presento (35 días), considerando que los parámetros antes mencionados permitieron conservar las propiedades organolépticas, físico – químico y microbiológicas de las lechugas.

Se determinó los costos de producción para los dos tipos de lechuga en repollo y en hoja, considerando los costos fijos y variables; es así que el costo de producción para las lechugas Iceberg (repollo) y batavia (hoja) fue de 0,865 y 0,668 dólares americanos, respectivamente. Además, se pudo determinar que los precios de venta al público para lechuga en repollo empacada (680 y 750 g) ascienden a USD 1,04; mientras que las lechugas en hoja empacadas (150 a 200 g) presentan un valor de venta de USD 0,80. Es importante comentar que los precios de los prototipos de lechuga empacada son inferiores a los precios que se expenden en los supermercados de la localidad, por ejemplo, en Supermaxi se vende 1,25 USD (500 – 800g) lechuga en repollo y en Zerimar 0,99 USD (100 – 200 g) las de hoja.

Con estos resultados se puede contribuir a desarrollar nuevas metodologías que permitan un manejo poscosecha adecuado para proteger y preservar la calidad del producto, y garantizar la inocuidad para el consumidor; además de reducir las pérdidas poscosecha que en nuestro país asciende al 40% de la producción.

6. RECOMENDACIONES

Con el fin de mejorar el proceso poscosecha y prolongar por más tiempo la vida útil de la lechuga, se sugiere realizar estudios con otros métodos de envasado como por ejemplo: atmosferas modificadas, controladas, a vacío, entre otros.

El hipoclorito de sodio ha sido utilizado ampliamente en la desinfección de alimentos, sin embargo, se recomienda no sobrepasar los 200 ppm o si es posible limitar su uso debido a que puede provocar enfermedades graves como el cáncer.

Para complementar la investigación se recomienda realizar análisis de residuos de productos agroquímicos presentes en la lechuga, debido a que constituye uno de los peligros para la salud del consumidor.

Con el fin de reducir las pérdidas poscosecha se deberían realizar otras investigaciones donde se evalué los efectos de los factores fisiológicos de la lechuga, para diseñar, implementar y evaluar nuevos métodos y técnicas para la cosecha y poscosecha.

Para complementar la presente investigación se debería realizar la evaluación económica-financiera mediante la determinación de los indicadores financieros, tales como: Valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR), Relación beneficio-costos (B/C), Punto de equilibrio, entre otros.

Para tener garantía de calidad de las lechugas que se adquiere, se debería realizar un sistema de trazabilidad desde que se siembra hasta el producto final, donde se garantice la calidad de los recursos necesarios para la producción tales como: suelo, agua, abonos, entre otros; en el caso del agua, los productores y/o empresa que realiza el manejo poscosecha debería realizar controles microbiológicos y de agroquímicos para asegurar la calidad de este.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aguayo, E., Artés, F., Artés, F. y Gómez, P. (2017). Tratamientos químicos desinfectantes de hortalizas de IV gama: ozono, agua electrolizada y ácido peracético.

Agrociencia Uruguay, 21 (1), 7-14. Recuperado de <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v21n1/2301-1548-agro-21-01-00007.pdf>.

Aguayo, E., Artés, F. y Óton, M. (2010). Reutilización del agua ozonizada en lechuga romana procesada en fresco. Cartagena. España.

Allende, A., Beltrán, D., Gil, M. y Selma, M. (2007). Nuevas tendencias de procesado y conservación de alimentos vegetales de IV gama. Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación, 26, 146-151. Recuperado de <http://digital.csic.es/handle/10261/5778>.

Araya, M. y Montero, M. (2004). Guías técnicas del manejo poscosecha de apio y lechuga para el mercado fresco. San José, Costa Rica.

Artés, F. (2019). IV gama de frutas y hortalizas. Recuperado de https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/3.1.1._art_s__paco.

Arthey, D. y Dennis, C. (1992). Procesado de hortalizas. Zaragoza, España: Acribia

Baggio, A., Innocente, N., Maifreni, M. y Marino, M. (2018). Inactivación de las biopelículas de bacterias transmitidas por los alimentos por el ozono acuoso y gaseoso. *Frontiers in Microbiology*. Recuperado de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.02024/full>.

Baéz, R., García, J., Medina, L. y Mercado, J. (2017). Evaluación de desinfectantes para el control de microorganismos de frutas y verduras. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 18, 9-16. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81351597002.pdf>.

Bataller, M., Cruz, S. y García, M. (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. Cuba.

Betts, R. (2014). Actualización microbiana: fruta y ensalada. Higiene alimentaria internacional. Costa Rica.

Bolaños, N. (2003). Química de alimentos. Costa Rica.

Calderón y Pascual. (2000). Microbiología Alimentaria. España.

Campos, M. y Manzano, W. (2007). Evaluación de métodos de desinfección para hortalizas que se consumen en crudo. (Tesis de grado). Recuperado de http://ri.ues.edu.sv/2015/1/Evaluaci%C3%B3n_de_m%C3%A9todos_de_desinfecci%C3%B3n_para_hortalizas_que_se_consumen_en_crudo.pdf.

Cantor, F. y Mendoza, M. (2012). Efecto del uso de ácido acético, cítrico e hipoclorito de calcio para control de *Escherichia coli* en lechuga (*Lactuca sativa* L.) y chile dulce (*Capsicum annum* L.). Honduras.

Carvajal, G. (2012). Evaluación de las pérdidas poscosecha tanto físicas y de calidad en el sistema de producción agrícola. Tumbaco, Pichincha. (Tesis de grado). Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/966/1/T-UCE-0004-4%20.pdf>.

Castañeda. (2013). Comparación de la escala hedónica de nueve puntos con la escala hedónica general de magnitud (g LMS) utilizadas por personas de dos regiones de América Latina. Honduras.

Castro, J. y Gómez, C. (2013). Desinfectantes fitoquímicos para lechuga (*Lactuca sativa*). Organización Mundial de la Propiedad Intelectual Oficina internacional. Recuperado de <https://patentimages.storage.googleapis.com/36/88/9d/68146b332819da/WO2015088309A1.pdf>.

Catanozi, M., Nascimento, M., Silva, N. y Silva. (2003). Efectos de diferentes tratamientos de desinfección sobre el microbiota natural de lechuga. Revista de protección de Alimentos, 9, 1697-1700. Recuperado de <https://jfoodprotection.org/doi/abs/10.4315/0362-028X-66.9.1697>.

Cheftel. (1992). Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Zaragoza.

China, Estados Unidos los países que producen más lechuga en el mundo por m². Hortoinfo, 1.

Chuquitarco, M. (2014). “Aplicación de aceites esenciales de orégano (*Origanum vulgare*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) en cuatro tipos de hortalizas: col de repollo (*Brassica oleracea* var. capitata cv. bronco), col morada (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra), lechuga Iceberg. (tesis de grado). Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8443/1/AL%20542.pdf>.

Colomer, M., Ferrera, V. y Zaragoza, M. (2003). Evaluación de la diferencia entre dos pruebas discriminativas aplicadas en análisis sensoriales. Dialnet, 5, 527-538. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1159562>.

Davidson, J., García, A. y Mount, J. (2003) Tratamiento de ozono y cloro de lechuga mínimamente procesada.

Dávila y Hernández. (2006). Métodos de ensayos rápidos de detección de microorganismos. España.

Díaz, C., Leyva, L., Luna, J., Luna, M. y Ruiz, H. (2015). Eficiencia de la desinfección con aceites esenciales y ultrasonido sobre *Escherichia coli* inoculada en frutos de tomate y el impacto sobre la actividad antioxidante. Revista Argentina de Microbiología, 47(3), 251-255. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754115000553>.

El Ministro de Economía Industria y Comercio y El Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2007). Reglamento técnico para la lechuga para consumo en estado fresco. Costa Rica. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos76761.pdf>.

En la Sierra hay seis tipos de lechugas. (2011). El Comercio, 1.

Escolá, M. (2002). Métodos de análisis microbiológicos de alimentos. Madrid: Editorial: Diaz de Santos S.A.

Español, J y Galindo, J. (2016). Cosecha y poscosecha de la lechuga, el brócoli y la coliflor. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica.

Espejo y Raimondo. (2002). Envases para frutas y hortalizas frescas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. 34(1). Recuperado de http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/3040/raimondo-agrarias34-1.pdf.

Estrada, F y Vallejo, E. (2004). Producción de hortalizas de clima cálido. Recuperado de <http://www.uneditorial.net/uflip/Produccion-de-hortalizas-de-clima-calido/pubData/source/Produccion-de-hortalizas-de-clima-calido.pdf>.

FAO. (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations

Flores, R. (2000). Diagnóstico de Los Gremios de Productores Agropecuarios. Quito.

Fung, D. Y. (2002). Métodos rápidos y automatización en microbiología. Revisiones exhaustivas en ciencias de los alimentos y seguridad alimentaria, 1(1), 3-22. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1541-4337.2002.tb00003.x>.

Galvis, J., González, G. y Flores, A. (2010). Manual de procesamiento y conservación de lechugas (*Lactuca sativa*) variedades verde y morada crespa mínimamente procesadas. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Recuperado de <https://docplayer.es/134605196-Manual-de-procesamiento-y-conservacion-de-lechugas-lactuca-sativa-l-variedades-verde-y-morada-crespa-minimamente-procesadas.html>.

García, R. y Palou, E. (2008). Mecanismos de acción antimicrobiana de timol y carvacrol sobre microorganismos de interés en alimentos. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos. 2(2), 41-51. Recuperado de [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No2-Vol-2/TSIA-2\(2\)-Garc%C3%ADa-Garcia-et-al-2008a.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No2-Vol-2/TSIA-2(2)-Garc%C3%ADa-Garcia-et-al-2008a.pdf).

Garmendia, G. y Vero, S. (2006). Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. Horticultura, 197, 18-27. Recuperado de http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh197/18_27.pdf.

González Palacios y Martínez. (2013). Diseño de un sistema de desinfección y envasado, que permita aumentar la vida útil de hortalizas procesadas en la Región Metropolitana. Chile.

Gutiérrez, E. (2016). Efecto in vitro de aceites esenciales sobre el crecimiento de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y detección molecular de principios activos. (Tesis de grado). Recuperado de https://issuu.com/eduardogutierrezjimenez/docs/tesis_mc_eduardo_guti__rez_j.

Hornngren, C. (2008). Contabilidad de costos. Bogotá.

Hualpa, D. (2018). Calidad microbiológica de mínimamente procesada, lista para comer, verduras en Loja - Ecuador. Ecuador.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA. Gestión de agronegocios en empresas asociativas rurales (24 - 25). Lima, Perú.

Izquierdo, D. y Naranjo, C. (2006). Estandarización de las condiciones de proceso de zanahoria (*Daucus Carota*) y lechuga (*Lactuca sativa*) como productos mínimamente procesados refrigerados (MPR) obtenidos a partir de cultivos convencionales y orgánicos en la empresa JC Asociados. (Tesis de grado). Universidad de la Salle. Bogotá.

Koseki, S. e Isobe, S. (2006). Efecto del tratamiento con agua ozonizada en el control microbiano y en el dorado de la lechuga iceberg (*Lactuca sativa*). Instituto de Investigación Alimentaria, 1, 60-154. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16416913>.

Kuhar, F. (2013). Reino Funji: morfologías y estructuras de los hongos. Argentina.

Las lechugas esenciales en la gastronomía local. (2014). El Universo, 1.

Martínez, A., Lee, R., Chaparro, D., y Páramo, S. (2003). Postcosecha y mercado de hortalizas de clima frío bajo prácticas de producción sostenible. Bogotá, Colombia.

López, L. (2010). Optimización del envasado en atmosfera modificada de la lechuga Iceberg. España.

López, N. (2015). Evaluación de sanitizantes y condiciones para la gestión de agua para producto hortofrutícola fresco. (Tesis de grado). Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7422/T20607%20>

20LOPEZ%20ESP%C3%8CRITU%2C%20NANCY%20%2063647.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Mejía, L., Molina, J., Moreno, C., Moreno, R., y Pilamala, A. (2019). El sector hortofrutícola de Ecuador: Principales características socio-productivas de la red agroalimentaria de la uvilla (*Physalis peruviana*). *Ciencia y Agricultura*, 16, 31-51. Recuperado de [https://ElSectorHortofruticolaDeEcuador-6817418%20\(1\).pdf](https://ElSectorHortofruticolaDeEcuador-6817418%20(1).pdf).

Ministerio de agricultura y ganadería - MAG. (2015). Servicio de información y censo agropecuario. Ecuador.

Mondino, M. y Feratto, J. (2006). El análisis sensorial: una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor. Recuperado de <http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/554/El%20an%C3%A1lisis%20sensorial%20una%20herramienta%20para%20la%20evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20desde%20el%20consumidor.pdf?sequence=1>.

Morales, A. (2005). Desarrollo de un prototipo de ensalada empacada lista para consumo en la Escuela Agrícola Panamericana. (Tesis de grado). Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5358/1/AGI-2005-T022.pdf>.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. (2014). Prioridad mundial al consumo de fruta y hortalizas.

Piagentini, A. (2002). Vida útil de espinacas nuevas afectadas por el tratamiento químico y el tipo de película de embalaje. *Revista Brasileña de Ingeniería Química*, 19(4). Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-66322002000400005.

Pérdidas poscosecha llegan a más del 40%. (2010). *Diario La Hora*, 1.

Ramón, S., Rosas, J. y Vargas, W. (2016). Eficiencia desinfectante del peróxido de hidrógeno al 3 y 4 % en el lavado de lechuga romana. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/2/24.pdf>.

Rodgers, S., Cash, J., Siddiq, M. y Ryser, E. (2004). Una comparación de diferentes desinfectantes químicos para la inactivación de *Escherichia coli* O157: solución de monocitogenesina H7 y Listeria y en manzana, lechuga, fresas y melón. Revista de Protección de Alimentos, 67, 721 – 731. Recuperado de http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482012000100008#16.

Saavedra, G. (2013). Introducción a la producción de hortalizas. Series técnicas: Producción de hortalizas para la República de Guinea Ecuatorial, 1,7. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-az120s.pdf>.

Saavedra, G., Corradini, F., Antuñez, A., Felmer, E., Estay, P. y Sepulveda, P. (Saavedra, G). (2017). Manual de producción de lechuga. Santiago. Chile.

Sánchez, D. (2008). Manejo poscosecha de lechuga (*Lactuca sativa*. variedad Capitata) producida en la provincia de Tungurahua. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato.

Segura. (2013). Efecto del ozono en las características físico - química, microbiológica y colorimétrica de la lechuga (*Lactuca sativa*) mínimamente procesada. Perú.

Sierra, R. (2013). Determinación de la permeabilidad en empaques plásticos. (Tesis de grado). Recuperado de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2449/Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20permeabilidad%20en%20empaques%20pl%C3%A1sticos.pdf?sequence=1&disAllowed=y>.

Sormac, E. (s.f). Máquinas y líneas de procesamiento para la industria del procesamiento de verduras frescas.

Suárez. (2013). Determinación de los cambios físico - químicos, sensoriales y microbiológicos en la lechuga (*Lactuca sativa*), variedad capitata sometida a tratamiento con luz ultravioleta de onda corta. Ambato.

Supriya, S. y Patil, S. S. (2017). Post-Harvest Behavior of Different Lettuce. Cultivars and their Cut Form sunder Different Storage Conditions. India.

Tecnología de Horticultura Mediterránea. (2016). Datos del comercio de frutas y hortalizas en el mundo. Montevideo.

Tixilema, S. (2015). Desarrollo de una tecnología innovadora de procesamiento mínimo para la conservación de hortalizas frescas lechuga (*Lactuca sativa L.*), col de repollo, col morada, espinaca picadas, previamente tratadas con aceite de tomillo. Ambato.

Valle, B. (2006). Estudio de factibilidad para la conformación de una empresa comercializadora de productos agropecuarios en la parroquia Chuquiribamba, cantón y provincia de Loja. (Tesis de grado). Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/5716/1/Valle%20Tambo%20Byron.pdf>

Vallejo, J. (2013). Elaboración de un manual guía técnico práctico del cultivo de hortalizas de mayor importancia socio-económica de la región interandina. (Tesis de grado). Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2037/1/T-UCE-0004-37.pdf>.

Velásquez, L. (1982). Evaluación de seis variedades, dos épocas de trasplante y tres densidades de siembra en lechuga (*Lactuca sativa.*) en Izamba, Tungurahua. (Tesis de Grado). Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/951>.

Velásquez, M. (2017). Determinación de metales pesados y pérdidas poscosecha en dos hortalizas de consumo directo: tomate (*Solanum lycopersicum*) y lechuga (*Lactuca sativa*). (Tesis de grado). Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12691/1/T-UCE-0004-33-2017.pdf>.

Wei, K., Zhou, H., Zhou, T. y Gong, J. (2007) Comparación de acuoso ozono y cloro como desinfectantes en la industria de procesamiento de alimentos: impacto de la calidad de los productos agrícolas frescos, 29, 113-20.

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1

Protocolo para la determinación de materia seca parcial, por el método gravimétrico.

A 65 °C la muestra se seca y se elimina cerca del 95% de agua, llegando a humedad constante.

Materiales y Equipos:

- Bandejas
- Bolsas de papel
- Estufa
- Balanza

Procedimiento:

- Se pesa las fundas de papel y se coloca la muestra de 200 a 400 gramos, esto dependerá del contenido de humedad que tenga la muestra. No debe quedar compacta.
- Ingresar las muestras a la estufa a 65 °C, después de 24 horas enfriar y pesar hasta que llegue a peso constante
- Triturar la muestra para guardarla en un recipiente hermético.
- Identificar la muestra.

Cálculo:

$$\% MSP = \frac{\text{Peso de la muestra parcialmente seca}}{\text{peso muestra}} \times 100$$

$$\% HI = 100 - \% MSP$$

* Porcentaje de humedad inicial (%HI) = Porcentaje de humedad parcial (%HP)

Protocolo para determinar la materia seca total

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor. La cantidad de material residual después de eliminar la humedad, constituye la materia seca.

Equipo.

- Estufa a 105 °C
- Crisoles
- Desecador
- Balanza analítica

Procedimiento:

- Los crisoles debes ser lavados, secados por espacio de 8 horas a 105 °C y luego enfriados en el desecador, hasta temperatura ambiente.
- Pesar por diferencia entre 1.5 a 2 gramos de muestra en el recipiente. Llevar a la estufa a 105 °C durante una noche. A la mañana siguiente retire los recipientes con la muestra y coloque en un desecador, hasta enfriar a temperatura ambiente.
- Pesar en balanza analítica.

Cálculo:

$$\% MS = \frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{peso muestra antes del secado}} \times 100$$

$$\% HH = 100 - \% MS$$

Porcentaje de humedad higroscópica (%HH): para muestras parcialmente secas (PS)

Cálculo de humedad total y materia seca, para conversión a base seca.

Se debe someter a temperatura 105 °C, durante 24 horas ya que a 65 °C no se elimina el agua de muy baja presión de vapor que tiene la muestra.

Se relaciona la pérdida de peso a 65 °C y de 105 °C para obtener el % de humedad total de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$H = HI + \frac{(100 - HI) \times HH}{100}$$

H= Humedad total en porcentaje.

HI= Humedad inicial (HI) en porcentaje.

HH= Humedad Higroscópica (HH) en porcentaje.

$$\% \text{ MS} = 100 - \% \text{ H}$$

8.2. Anexo 2

Protocolo para la determinación de cenizas

Se ingresa la muestra a 550 °C para incinerar todo el material orgánico

Materiales y equipos

- Crisoles
- Balanza analítica
- Mufla
- Desecador

Procedimiento:

- Se pesa los crisoles y 1,5 a 2 gramos de muestra para ingresar a la mufla 550 °C hasta que las cenizas sean blancas grisáceas.
- Pasado 3 horas se apaga la mufla y se deja enfriar de 1 a 2 horas, para luego colocarlos en el desecador hasta que se enfríen.
- Después se pesan las cenizas.

8.3. Anexo 3

Protocolo para determinar proteína por el método de Kjeldahl

Como consecuencia de su estructura a base de aminoácidos individuales, el contenido en nitrógeno de las proteínas varía sólo entre unos límites muy estrechos (15 a 18% en promedio 16%). Para la determinación analítica del contenido en proteína total, se determina por lo general el contenido de nitrógeno (N) tras eliminar la materia orgánica con ácido sulfúrico (método de Kjeldahl), calculándose finalmente el contenido de proteína con ayuda de un factor (en general $f = 6.25$). Se asume que el SO_3 que se forma durante el tratamiento a altas temperaturas se adiciona como ácido de Lewis al grupo NH del enlace peptídico (base de Lewis) de la proteína, formándose el correspondiente ácido amidosulfónico, el que posteriormente se transforma en sulfato amónico por degradación. El sulfato amónico se determina a continuación, tras liberación del NH_3 y destilación, por medio de una valoración ácido-base.

Como en el tratamiento Kjeldahl de alimentos no se determinan sólo proteínas o aminoácidos libres, sino también ácidos nucleicos y sales de amonio y también nitrógeno ligado de compuestos orgánicos o vitaminas, el nitrógeno ligado orgánico se expresa como "nitrógeno total calculado como proteína o como "proteína total" ($N \times f$).

No obstante, como por lo general los alimentos sólo contienen cantidades traza de compuestos aromáticos nitrogenados y de vitaminas, el error así cometido se considera despreciable.

Fundamento

La sustancia a investigar se somete a un tratamiento oxidativo con ácido sulfúrico concentrado en presencia de una mezcla catalizadora (las sales/óxidos metálicos sirven para el transporte de oxígeno con formación intermedia de oxígeno nascente; el sulfato potásico sirve para elevar el punto de ebullición, alcanzándose temperaturas de 300-400°C durante la digestión). Del sulfato amónico formado se libera el amoníaco por tratamiento alcalino y éste se transporta con ayuda de una destilación en corriente de vapor a un recipiente con ácido bórico y se realiza una titulación con una solución valorada de ácido sulfúrico. El contenido en proteína de la muestra se calcula teniendo en cuenta el contenido medio en nitrógeno de la proteína en cuestión.

Reactivos:

- H_2SO_4 concentrado p.a. (98%)
- Catalizador
- NaOH 40%
- Solución H_3BO_3 4%
- Solución H_2SO_4 0.1 N
- Indicador Mortimer: 0,016% rojo de metilo, 0,083% verde de bromocresol en etanol

Determinación:

Digestión

Colocar la cantidad adecuada de muestra (de acuerdo al contenido estimado de nitrógeno) entre 0,1 y 4 g con una precisión de ± 1 mg, en el tubo Kjeldahl de 500 ml. Agregar catalizador y

10-20 ml de H₂SO₄ concentrado. Todo el material debe estar sumergido en el ácido para que no haya pérdidas de nitrógeno. Setear la rampa de temperatura. La digestión demanda entre 1 y 2 horas.

Destilación

Preparar un erlenmeyer con 25-50 ml de H₃BO₃ 4% (sobre el cual se va a recoger el NH₃ destilado) y gotas de indicador Mortimer (color rojo), y colocarlo a la salida del refrigerante cuidando que el extremo del mismo quede sumergido en la solución ácida. El equipo ira agregando la cantidad necesaria de solución de NaOH 40% como para neutralizar el ácido sulfúrico. El indicador vira a azul cuando empieza a destilarse el NH₃ por arrastre en corriente de vapor. Se sigue destilando hasta llegar a aproximadamente 200 ml en el erlenmeyer colector (los primeros 150 ml de destilado contienen generalmente la totalidad del NH₃).

Valoración

El destilado se valora con solución de H₂SO₄ 0.1 N, hasta lograr el viraje del indicador Mortimer al color inicial rojo.

Blanco

Se debe realizar un blanco de reactivos, siguiendo las mismas indicaciones pero sin colocar muestra en el balón.

Cálculos:

$$\text{Proteína total \%} = (V_{\text{Muestra}} - V_{\text{Blanco}}) \times N_{\text{Acido}} \times 1.4 \times F / g_{\text{Muestra}}$$

Siendo

V_{Muestra} = ml de ácido gastados en la valoración de la muestra

V_{Blanco} = ml de ácido gastados en la valoración del blanco

N_{Acido} = normalidad del ácido sulfúrico

0,014 = peso del meq de nitrógeno, en g

F = factor de conversión de nitrógeno a proteína

g_{muestra} = peso en g de la muestra

En los cálculos para convertir nitrógeno a proteínas, usar el factor 6,25 para carnes, 5,7 para cereales y soja y 6,38 para leche y derivados

8.4. Anexo 4

Protocolo para determinar fibra cruda

El método se basa en la solubilización de compuestos no celulósicos mediante soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de potasio (hidróxido de sodio).

Reactivos:

- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1,25% - $0,255 \pm 0,005$ N. (12,5 g 98% concentrado a 1000 ml con agua destilada). Controlar la concentración por titulación.
- Hidróxido de potasio (KOH) 1,25% - $0,223 \pm 0,005$ N, libre de carbonato. 12,5 g hasta 1000 ml con agua destilada. Controlar la concentración por titulación.
- n-octanol como antiespumante.
- Acetona anhidra.

Procedimiento

- Pese con precisión 1 gramo de la muestra triturada (1mm aproximadamente) con aproximación de 1 mg.
- Agregue 150 ml de ácido sulfúrico, precalentar con la placa caliente para reducir el tiempo requerido para hervir.
- Agregue 3-5 gotas de n-octanol como agente antiespumante.
- Hervir 30 minutos exactamente desde el inicio de la ebullición.
- Conectar al vacío para drenar el ácido sulfúrico.
- Lave tres veces con 30 ml (crisol lleno hasta la parte superior) de agua desionizada. Conectar cada vez al aire comprimido para agitar el contenido del crisol.
- Después de drenar el último lavado, agregar 150 ml de hidróxido de potasio precalentado (KOH) 1,25% y 3-5 gotas de antiespumante.
- Dejar hervir 30 min.
- Filtrar y lavar según el punto 7.

- Realice un último lavado con agua desionizada fría para enfriar el crisol y luego lave tres veces el contenido del crisol con 25 ml de acetona, revolviendo cada vez con aire comprimido.
- Retire el crisol y determine el peso seco después de secar en un horno a 105 °C durante una hora o hasta peso constante y haber dejado enfriar en un desecador. Este peso representa la fibra bruta más el contenido de ceniza.
- Cuando el contenido de ceniza es requerido, los crisoles se colocan en una mufla a 550 °C durante tres horas y se vuelven a pesar después de enfriarlos en un desecador.
- Retire la ceniza y, si es necesario, limpie los crisoles mediante un procedimiento de oxidación.

Nota: La determinación de fibra cruda según Weende es un método oficial en Italia, Francia, Reino Unido, Suecia, Estados Unidos de América, etc.

Según U.S. AOAC, la solución de hidróxido de potasio se reemplaza por una solución de hidróxido de sodio 0,313 + 0,005 N, (12,5 g de NaOH hasta 1000 ml con agua destilada).

8.5. Anexo 5

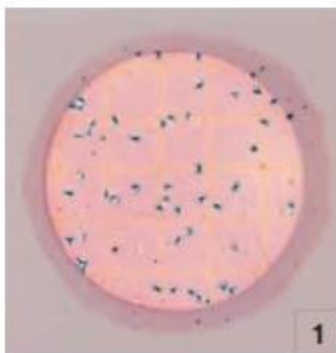
Interpretación de las placas petrifilm

Placas Petrifilm™ para Recuento de *E. coli*/Coliformes

Esta guía lo familiarizará con los resultados de las Placas 3M™ Petrifilm™ para Recuento de *E. coli*/Coliformes. Para mayor información, contacte al representante autorizado de productos de 3M Food Safety más cercano.

Las Placas Petrifilm para el Recuento de *E. coli*/Coliformes (Placa Petrifilm, EC) contienen nutrientes de Bilis Rojo-Violeta (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de actividad de la glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de las colonias. La mayoría de las *E. coli* (cerca del 97%) produce beta-glucuronidasa, la que a su vez produce una precipitación azul asociada con la colonia. La película superior atrapa el gas producido por *E. coli* y coliformes fermentadores de lactosa. Cerca del 95% de las *E. coli* producen gas, representado por colonias entre azules y rojo-azules asociadas con el gas atrapado en la Placa Petrifilm EC (dentro del diámetro aproximado de una colonia).

La AOAC Internacional y el Manual de Análisis Bacteriológico de la FDA de los Estados Unidos definen los coliformes como colonias de bastoncillos Gram-negativos que producen ácido y gas de la lactosa durante la fermentación metabólica de la lactosa. Las colonias coliformes, que crecen en la Placa Petrifilm EC, producen un ácido que causa el oscurecimiento del gel por el indicador de pH. El gas atrapado alrededor de las colonias rojas de coliformes confirma su presencia.

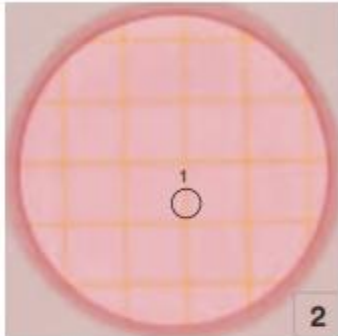


La identificación de la *E. coli* puede variar de país a país (ver en "Recomendaciones de uso" tiempos de incubación y temperaturas).

Método validado por la AOAC Internacional
***E. coli* = 49** (colonias azules con gas)
Total coliformes = 87 (colonias rojas y azules con gas)

(NO use esta placa sola para la detección de *E. coli* O157. Como la mayoría de otros medios para enumeración de *E. coli* coliformes, esta placa no señalará específicamente si está presente algún O157).

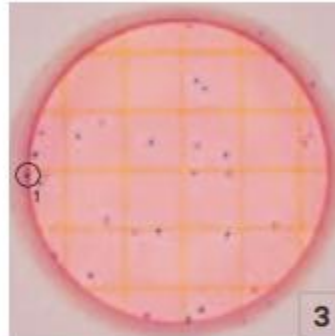
3M™ Placas Petrifilm™ para el Recuento de *E. coli*/Coliformes



No crecimiento = 0

Observe el cambio de color del gel de las figuras 2 a 8. Mientras el recuento de *E. coli* o coliformes aumenta, el color del gel se vuelve rojo oscuro o púrpura azulado.

Las burbujas del fondo son características del gel y no son el resultado del crecimiento de *E. coli* o coliformes. Ver el círculo 1.



Recuento de *E. coli* = 13

Total de recuento de coliformes = 28

El rango de recuento de la población en las Placas Petrifilm EC es de 15 a 150.

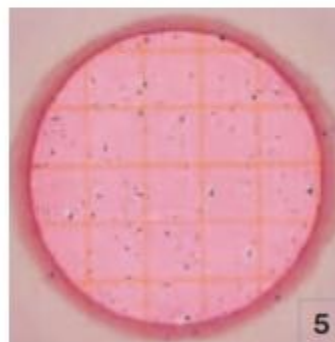
No cuente las colonias que aparecen sobre la barrera de espuma, ya que han sido removidas de la influencia del medio selectivo. Ver el círculo 1.



Recuento de *E. coli* = 3

Cualquier azul en una colonia (de azul a rojo-azul) indica la presencia de *E. coli*. La luz de frente mejorará la detección del precipitado azul formado por una colonia.

El círculo 1 muestra una colonia rojo-azul cuyo recuento se hizo con luz de atrás. El círculo 2 muestra la misma colonia con luz de frente. El azul precipitado es más evidente en el círculo 2.

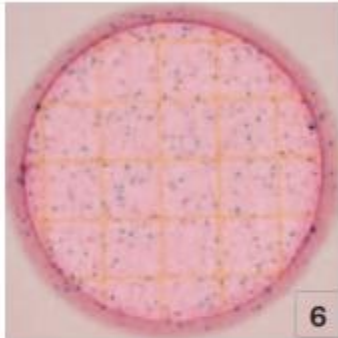


Recuento de *E. coli* = 17

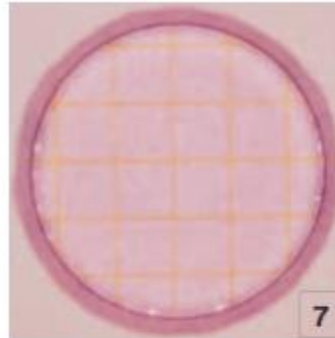
Recuento total estimado de coliformes = 150

El área circular de crecimiento es de aproximadamente 20 cm². El recuento estimado se puede hacer en las placas que contienen más de 150 colonias, al contar el número de colonias en uno o más de los cuadrados representativos y al determinar el promedio por cuadrado. Multiplique el número promedio por 20 y determine el recuento estimado por placa.

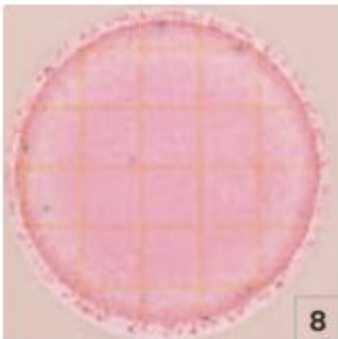
MNPC (Muy Numerosas Para Contar): para obtener un recuento más preciso, diluya la muestra



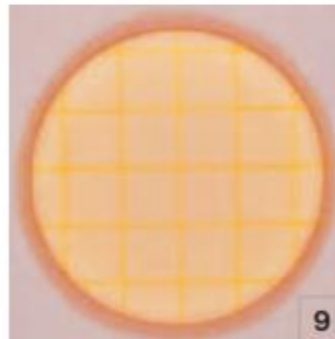
Recuento actual aprox. - 10^6
Las Placas Petrifilm EC con colonias que son MNPC, tienen una o más de las siguientes características:
Muchas colonias pequeñas, muchas burbujas de gas y el oscurecimiento del gel de un color rojo a un azul púrpura.



Recuento actual aprox. - 10^6
Una alta concentración de *E. coli* puede causar que el área de crecimiento se haga azul púrpura.

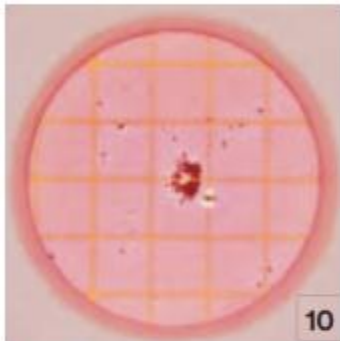


Recuento presuntivo de *E. coli* - 8
Recuento total estimado de coliformes aprox. - 10^6
Cuando existen cifras altas de coliformes (10^6), algunos tipos de *E. coli* presuntiva pueden producir menos gas y las colonias azules pueden ser menos definitivas. Cuente todas las colonias azules sin gas y/o zonas azules como *E. coli*. Si es necesaria la confirmación, aísle las colonias azules con gas para su posterior identificación.

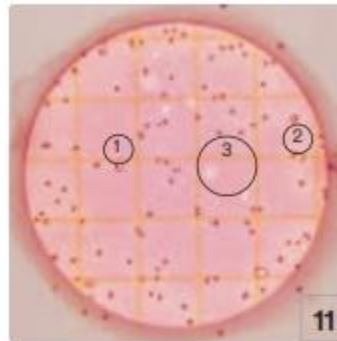


Recuento actual aprox. de - 10^6
Cuando un número alto de organismos no-coliformes, como las *Pseudomonas*, estén presentes en las Placas Petrifilm EC, el gel puede volverse amarillo.

Burbujas

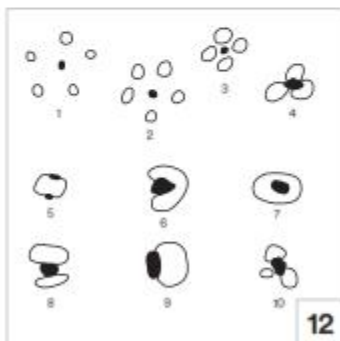


Recuento total de coliformes = 3
Las partículas de alimento tienen forma irregular y no tienen burbujas de gas.



Recuento total de coliformes = 78
Los patrones de burbujas pueden variar. El gas puede romper la colonia y así, esta última 'delinea' a la burbuja. Vea los círculos 1 y 2.

Las burbujas pueden aparecer como resultado de una inoculación impropia o de aire atrapado dentro de la muestra. Tienen forma irregular y no se asocian con una colonia. Vea el círculo 3.



Los ejemplos 1 a 10 muestran varios patrones de burbujas asociados con colonias que producen gas. Todas deben ser enumeradas.

3M™ Placas Petrifilm™ para el Recuento de *E. coli*/Coliformes

Recomendaciones de uso

Para información detallada sobre ADVERTENCIAS, PRECAUCIONES, COMPENSACIONES POR GARANTÍA / GARANTÍA LIMITADA, LIMITACIONES POR RESPONSABILIDAD DE 3M, ALMACENAMIENTO Y ELIMINACIÓN, e INSTRUCCIONES DE USO, remítase al inserto de producto en el paquete.

Almacenamiento



1 Almacene los paquetes cerrados a una temperatura ± 8 °C (± 46 °F). Las placas deben usarse antes de su fecha de caducidad. En áreas de alta humedad, donde la condensación puede ser un inconveniente, es recomendable que los paquetes se atemperen al ambiente del lugar de trabajo antes de abrirlos. Las Placas Petrifilm tienen un tiempo de vida útil de 18 meses desde su fecha de elaboración. Observe la fecha de caducidad en la parte superior de la placa.



2 Para cerrar un paquete abierto, doble el extremo y síllolo con cinta adhesiva para evitar el ingreso de humedad y, por lo tanto, la alteración de las placas.



3 Mantenga los paquetes cerrados (según se indica en el punto 2) a temperatura ± 25 °C (± 77 °F) y una humedad relativa $\leq 50\%$. **No refrigere los paquetes que ya hayan sido abiertos.** Utilice las Placas Petrifilm máximo un mes después de abierto el paquete.

Preparación de la muestra



4 Prepare una dilución de una muestra de alimento. Pese o pipetea la muestra en un recipiente adecuado, como una bolsa Stomacher, una botella de dilución o cualquier otro contenedor estéril apropiado.



5 Adicione la cantidad apropiada de uno de los siguientes diluyentes estériles: tampón Butterfield (tampón IDF fosfato, 0.0425 g/L de KH_2PO_4 y con pH ajustado a 7.2); agua de peptonada al 0.1%; diluyente de sal peptonada (método ISO 6887); buffer de agua peptonada (método ISO 6579); solución salina (0.85 a 0.90%); caldo Lethen libre de bisulfato o agua destilada.

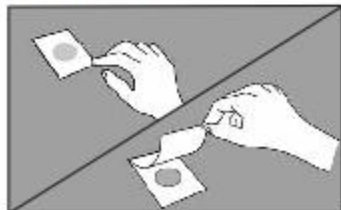


6 Mezcle u homogeneice la muestra mediante los métodos usuales.

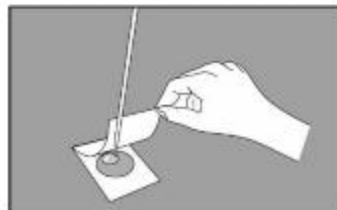
Ajuste el pH de la muestra diluida entre 6.6 y 7.2:
• Para productos ácidos: use solución 1N de NaOH.
• Para productos básicos: use solución 1N de HCl.

No utilice buffers que contengan citrato, bisulfato o tiosulfato de sodio, porque pueden inhibir el crecimiento.

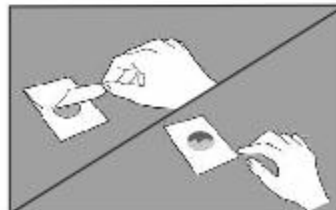
Inoculación



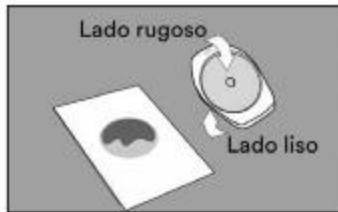
7 Coloque la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada. Levante la película superior.



8 En forma perpendicular a la Placa Petrifilm, coloque 1 mL de la dilución de la muestra en el centro de la película cuadrículada inferior, con la Pipeta Electrónica 3M™ (o cualquier otro dispositivo similar).



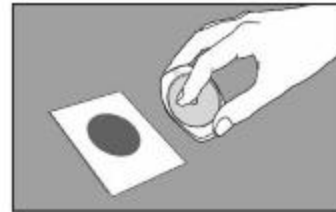
9 Baje con cuidado la película superior para evitar que atrape burbujas de aire. No la deje caer.



10 Con el lado liso hacia abajo, coloque el dispersor en la película superior sobre el inóculo.

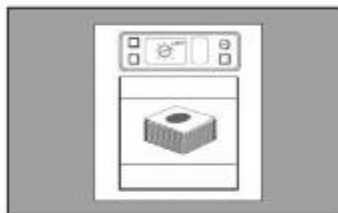


11 Presione **suavemente** el dispersor para distribuir el inóculo sobre el área circular. **No** gire ni deslice el dispersor.



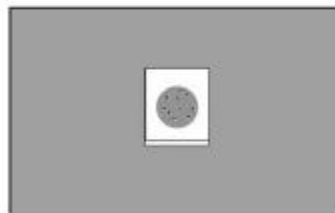
12 Levante el dispersor. Espere, por lo menos un minuto, a que solidifique el gel.

Incubación



13 Incube las placas cara arriba en grupos de no más de 20 piezas. Puede ser necesario humectar el ambiente de la incubadora con un pequeño recipiente de agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.

Interpretación



14 Las Placas Petrifilm pueden ser contadas en un contador de colonias estándar u otro tipo de lupa con luz. Consulte la Guía de Interpretación para leer los resultados.



15 Las colonias pueden ser aisladas para su posterior identificación. Levante la película superior y tome la colonia del gel.

El tiempo de incubación y la temperatura varían según el método. Los métodos aprobados más conocidos son:

- **AOAC método oficial 991.14**
Para coliformes: Incubar 24 h \pm 2 h a 35 °C \pm 1 °C
Para *E. coli*: Incubar 48 h \pm 2 h a 35 °C \pm 1 °C
- **AOAC método oficial 998.08**
Para *E. coli* (carnes, aves, marinos):
Incubar 24 h \pm 2 h a 35 °C \pm 1 °C
- **Método NMKL (147.1993)**
Para coliformes: Incubar 24 h \pm 2 h a 37 °C \pm 1 °C
Para *E. coli*: Incubar 48 h \pm 2 h a 37 °C \pm 1 °C

Comentarios adicionales

- Nota: Recuerde inocular y poner el aplicador antes de pasar a la siguiente placa.
- Para contactar localmente a 3M Food Safety en Latinoamérica, visitenos en nuestra página de internet: www.3M.com/foodsafety
- Para servicio técnico en Latinoamérica, contacte al Representante de Ventas 3M más cercano a usted.

3M.com/foodsafety

3M

3M Food Safety
3M Center, Building 275-5W-05
St. Paul, MN 55144-1000 USA

1-800-328-6553

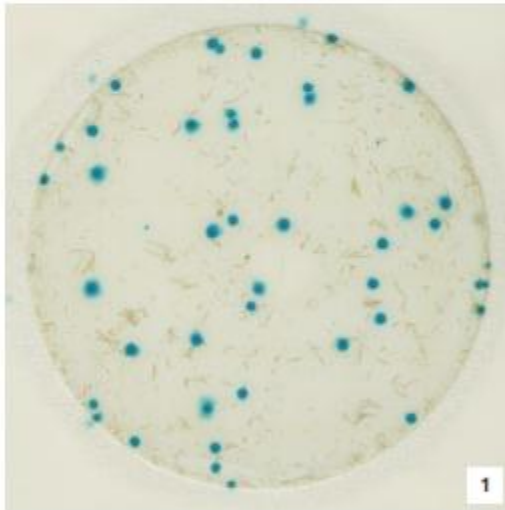
3M, Ciencia. Aplicada a la Vida. y Petrifilm son marcas registradas de 3M. Por favor, recicle.
© 3M 2015. Todos los derechos reservados.

Placas Petrifilm™ para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras

La Placa 3M™ Petrifilm™ para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras es un sistema con medio de cultivo listo para usar que contiene nutrientes complementados con antibióticos, un agente gelificante soluble en agua fría y un indicador que facilita la enumeración de mohos y levaduras.

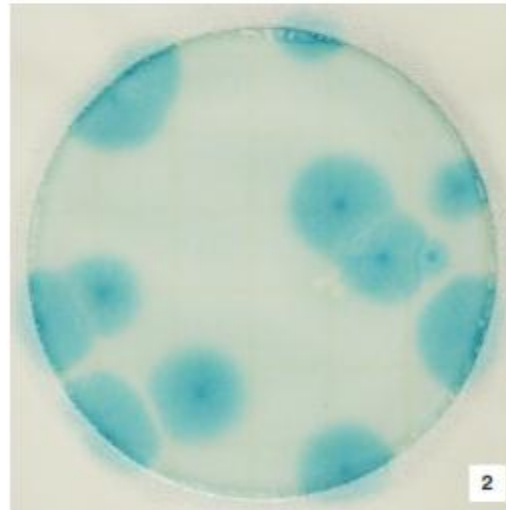
Comparación de colonias de levaduras y mohos

Para diferenciar las colonias en las Placas 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras, busque una o más de las siguientes características:



Recuento de levaduras: 44

Las colonias son ejemplos de levaduras características: colonias pequeñas, colonias con bordes definidos, de color canela rosado a verde azulado. Las colonias parecen elevadas (tridimensionales) y tienen un color uniforme.



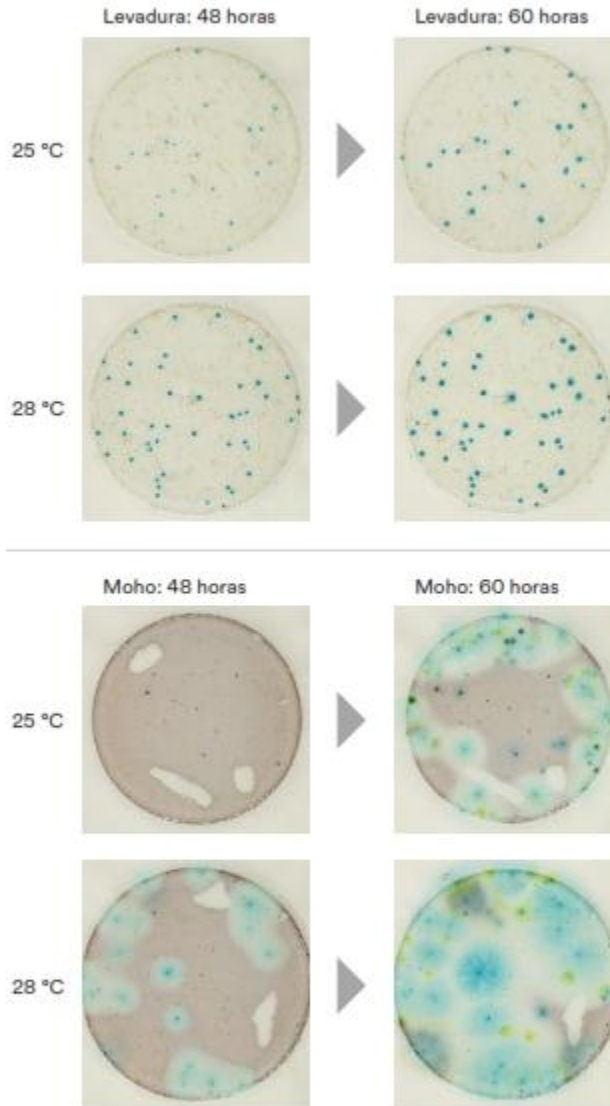
Recuento de mohos: 12

Las colonias son ejemplos de mohos característicos: colonias grandes, colonias con bordes difusos, de color verde azulado después de una incubación prolongada. Las colonias parecen planas y tienen un centro oscuro con bordes difusos.

Crecimiento y formación de las colonias

Incube las Placas 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras a 25-28 °C durante 48 ± 2 horas* en posición horizontal, con la película transparente hacia arriba, en pilas de no más de 40 placas. Algunos tipos de alimentos pueden exhibir un crecimiento y una formación de colonias más evidente a 28 °C.

*Si las colonias son apenas visibles, incube por 12 horas adicionales para una mejor interpretación. La presencia de pequeñas burbujas de aire no impedirá que el recuento sea preciso.



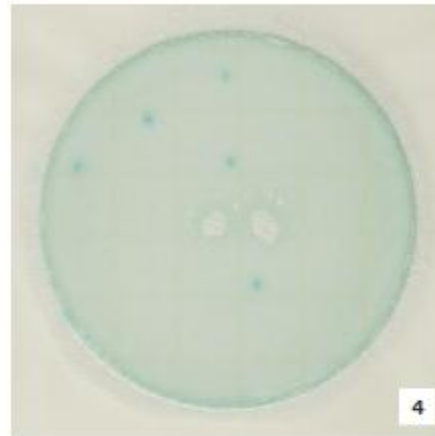
Reacción enzimática

Las muestras de alimentos pueden mostrar ocasionalmente interferencias en las Placas 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras. Por ejemplo:



Recuento: 0

Un color azul uniforme de fondo (con frecuencia visto en los organismos que se usan en los productos cultivados), no deberá calificarse como muy numerosos para contar (MNPC).



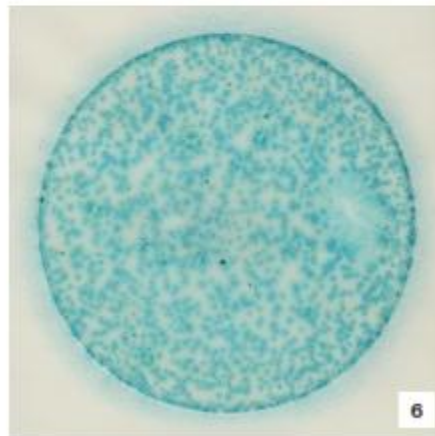
Recuento: 5

Un color de fondo azul uniforme no impedirá que el recuento sea preciso.



Recuento: 0

Una placa sin reacción enzimática.



Recuento: MNPC

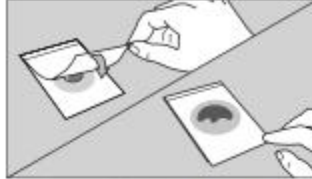
Algunos alimentos que contienen altos niveles de enzimas pueden provocar un fondo azul uniforme. El crecimiento de la colonia aún será visible si ocurre una reacción enzimática.

Instrucciones de uso:

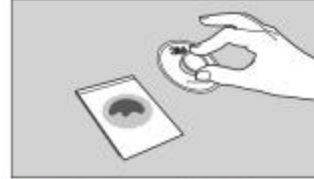
Procedimiento de inoculación



- 1** Coloque la Placa 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras en una superficie plana y nivelada. Levante la película superior y agregue 1 mL de la muestra con la 3M™ Pipeta Electrónica perpendicular en el centro de la película inferior.



- 2** Baje la película superior sobre la muestra.



- 3** Coloque el 3M™ Petrifilm™ Difusor Plano (No. de cat. 5425) u otro difusor plano en el centro de la Placa 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras.



- 4** Presione firmemente el centro del Difusor para distribuir la muestra de manera uniforme. Difunda el inóculo por toda el área de crecimiento de la Placa 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras antes de que se forme el gel. No deslice el Difusor a través de la película.

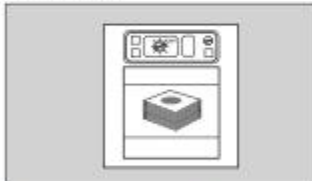


- 5** Retire el Difusor y deje sin mover la Placa 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras por lo menos durante un minuto, para permitir que se forme el gel.

Utilice diluyentes estériles apropiados:

Solución amortiguadora de fosfato Butterfield (ISO 5541-1), agua peptonada bufferada (ISO), 0.87% de agua peptonada, diluyente de sal peptonada, solución salina (0.85 a 0.90%), caldo Lethen libre de bisulfito o agua destilada. **No utilice diluyentes que contengan citrato, bisulfito o tiosulfato con las Placas 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras, ya que pueden inhibir el crecimiento.** Si se indica el uso de una solución amortiguadora de citrato en el procedimiento estándar, reemplácela por 0.1 % de agua peptonada, calentada a una temperatura de 40 a 45 °C.

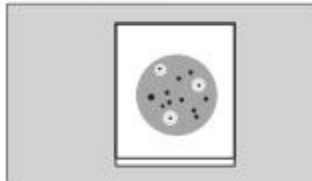
Incubación



- 6** Incube la Placa 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras a 25-28 °C durante 48 ± 2 horas* en posición horizontal, con la película transparente hacia arriba, en pilas de no más de 40 placas.

*Si las colonias son apenas visibles, déjelas en un periodo de incubación de 12 horas más para una mejor interpretación.

Interpretación



- 7** Lea los resultados para las levaduras y los mohos a las 48 horas. Ciertos mohos y levaduras de crecimiento más lento pueden aparecer apenas visibles a las 48 horas. Para mejorar la interpretación de estos mohos, incúbelos por 12 horas más.

Almacenamiento



- 8** Selle la bolsa plegando el extremo y pegándolo con cinta adhesiva. Para evitar la exposición a la humedad, no refrigere las bolsas abiertas. Almacene las bolsas selladas en un ambiente fresco (20 a 25 °C) y seco (con una HR menor al 60 %) durante un máximo de 4 semanas.



Food Safety
3M México
Av. Santa Fe No. 190, Col, Santa Fe, Del.
Álvaro Obregón
C.P. 01210 México D.F.
5270-0400 ext 0443 o 1272
foodsafetymx@mmm.com

3M.com/foodsafety

3M, Ciencia. Aplicada a la Vida. y Petrifilm son marcas registradas de 3M.
Por favor recicle. © 3M, 2017.
Todos los derechos reservados.