

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
HUÁNUCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EFEECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO,
TIEMPO DE INMERSIÓN Y EMPAQUE, EN LA CONSERVACIÓN DE LA
LECHUGA ICEBERG (*Lactuca sativa L.*) ALMACENADA EN
REFRIGERACIÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**SANTOS JANAMPA, Gisela
TOLENTINO FABIAN, Roy Kenedy**

**HUÁNUCO – PERÚ
2015**

DEDICATORIA

A nuestros padres, por ser la piedra angular en nuestras vidas, por su inmenso amor y apoyo incondicional.

Tesistas

AGRADECIMIENTO

- A Dios, por manifestarnos su amor, por ser tan justo y porque está con nosotros a cada momento.
- A nuestros padres y hermanos, por el invaluable apoyo que nos brindaron para lograr nuestros objetivos en la carrera profesional.
- A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, en especial a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias, donde aprendimos y nos formamos.
- A la Mg. Sc. Miriam E. Ramos Ramírez y al Mg. Sc. Oscar B. Jordán Suárez por su apoyo, asesoramiento y enseñanzas para el desarrollo y ejecución del presente trabajo de investigación.
- A los docentes y jefes de práctica de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial por guiarnos, por su dedicación incondicional y brindarnos sus consejos.
- A nuestros amigos y familiares quienes incondicionalmente nos apoyaron para hacer realidad nuestro proyecto.

RESUMEN

El trabajo de investigación permitió evaluar el efecto de la concentración de hipoclorito de calcio (100, 150 y 200 ppm), el tiempo de inmersión (1, 2 y 3 min.) y el empaque de polietileno de baja densidad de 2.5 mm en la conservación de la lechuga iceberg mínimamente procesada. Empacada en presentaciones de 250 gramos y almacenada a $3 \pm 1^\circ \text{C}$ con 90 % de HR durante 9 días.

Se evaluó el color instrumental a los 0, 2, 4, 6 y 9 días, así como el contenido de clorofila y coliformes totales (ufc/g) al inicio y los mejores tratamientos.

Los resultados obtenidos en el estudio demostraron que durante los días de almacenamiento (0, 2 y 4) no se registraron diferencias significativas en los indicadores de color a^* y b^* , asociados al efecto de la concentración, tiempo de inmersión y empaque; sin embargo, al sexto día de análisis, se evidenció diferencias significativas atribuidas a los niveles del factor concentración. El análisis durante los días (0, 2, 4 y 6) demostró que la presentación de empaque y el tiempo de inmersión no influyen de manera significativa en el color de la lechuga.

A los 8 días de almacenamiento se observó que los tratamientos T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 y T_6 empacados en presentaciones sin orificio presentaron mejor característica del color. Para determinar al mejor tratamiento se realizó el análisis microbiológico en el cual el tratamiento T_6 presentó ausencia (<10 ufc/g).

Referente a la evaluación sensorial no presentó diferencias significativas, entre tratamientos, ubicando a la concentración de 150 ppm y el tiempo (3 minutos) como el mejor tratamiento debido a que presentó ausencia de coliformes y conservó la textura, apreciando un descenso mínimo en la pigmentación de la clorofila (0.11) a (0.05) mg/g que influye en color de la lechuga.

Palabras Claves: evaluación sensorial, mínimamente procesada, hipoclorito de calcio, color instrumental.

ABSTRACT

Research work allowed iceberg minimally processed to evaluating the effect of the concentration of calcium hypochlorite (100, 150 and 200 ppm), time of immersion (1, 2 and 3 min) and the packing of low-density polyethylene of 2.5 mm in the conservation of the lettuce. Once 1°C with 90 % of HR during 9 days was packed in 250 gram and stored presentations to 3.

The instrumental color evaluated (ufc/g) to the start and the best treatments at 0, 2, 4, 6 and 9 days, as well as the content of chlorophyl and total coliform bacteria.

The results obtained in the study proved that during the storage days (0, 2 and 4) they did not register significant differences in the color indicators a^* and b^* , associates to the effect of concentration, time of immersion and bottled; However, to the sixth day of analysis, concentration evidenced significant differences attributed to the levels of the factor itself. The analysis during the days (0, 2, 4 and 6) proved that the type of container and time of immersion do not have influence of significant way in the color of the lettuce.

At 8 storage days he observed that treatments T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 and T_6 packed in presentations without orifice they presented better characteristic of the color. In order to determine the best treatment the microbiological analysis came true in which the treatment T_6 presented absence (10 ufc/g).

Relative to the sensory evaluation he did not present significant differences, between treatments, locating the mass meeting of 150 ppm and time (3 minutes) like the best treatment because he presented absence of coliform bacteria and he kept the texture, appreciating a minimal descent in the pigmentation from the chlorophyl 0,11 to 0,05 mg/g that influences color of the lettuce.

Key words: Sensory evaluation minimally processed, calcium hypochlorite, instrumental color.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	2
2.1.1. La lechuga	2
2.1.2. Taxonomía y morfología	2
2.1.3. Variedad	3
2.1.4. Plagas y enfermedades de la lechuga	3
2.1.5. Alteraciones de la lechuga durante su almacenamiento	4
2.1.6. Composición química	9
2.1.7. Usos	10
2.1.8. Alimentos de IV gama	10
2.1.9. Métodos de conservación de la lechuga	15
2.1.10. Atributos de calidad	16
2.1.11. Vida útil de la lechuga	19
2.1.12. Empaque para hortalizas de IV gama	20
2.1.13. El cloro	21
2.2. ANTECEDENTES	23
2.3. HIPÓTESIS	27
2.3.1. Hipótesis general	27
2.3.2. Hipótesis específico	27
2.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	28
2.4.1. Variables	28
2.4.2. Operacionalización de variables	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	30
3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN	30

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS	30
2.4.3. Población	30
2.4.4. Muestra	30
2.4.5. Unidad de análisis	30
3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	31
3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS	32
3.5.1. Diseño de la investigación	32
3.5.2. Datos a registrados	34
3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información	34
3.6. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	35
3.6.1. Materiales	35
3.6.2. Equipos e instrumentos de control	35
3.6.3. Insumos y reactivos	35
3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	36
IV. RESULTADOS	42
4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICO DE LA LECHUGA	42
4.2. EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO Y TIEMPO EN LA CONSERVACIÓN DE LA LECHUGA ICEBERG ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN	43
4.3. INFLUENCIA DEL EMPAQUE DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD 2.5 MM DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN	48
4.4. CARACTERIZACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO	51
V. DISCUSIÓN	53
5.1. DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA LECHUGA	53

5.2. DE LA EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO Y TIEMPO EN LA CONSERVACIÓN DE LA LECHUGA ICEBERG ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN	54
5.3. DE LA INFLUENCIA DEL EMPAQUE DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD 2.5 MM DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN	55
5.4. DE LA CARACTERIZACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO	56
VI. CONCLUSIONES	59
VII. RECOMENDACIONES	60
VIII. LITERATURA CITADA	61
IX. ANEXO	67

I. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es ampliamente conocida y cultivada en todo el mundo a través de numerosas variedades, valorado por su fuente de vitaminas (B6, C, tiamina y niacina), minerales, fibra dietética y cantidades significativas de contenido de clorofila ya que juegan un papel valioso en la salud humana (Serrano *et al.* 2006); siendo vital la atención en el desarrollo vegetativo al estar expuestos a la contaminación microbiológica, por las deficiencias en la aplicación de las buenas prácticas agrícolas, en especial entre la cosecha y postcosecha ya que influye en el deterioro de esta hortaliza. La corta vida útil de la lechuga está asociada a la deshidratación, incidiendo en una pérdida de turgencia, amarillamiento, debido a la degradación de la clorofila y principalmente el pardeamiento enzimático, el cual empobrece la apariencia de la lechuga (Namesny 2000).

En razón a la problemática expuesta a través del trabajo de investigación se desarrolla una tecnología para conservar la lechuga iceberg mínimamente procesada a $3 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. 90% manteniendo la inocuidad y las características del color garantizando la calidad del producto. Por lo indicado se decidió plantear los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de la concentración de hipoclorito de calcio y tiempo de inmersión en la conservación de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.
- Evaluar la influencia del empaque de polietileno de baja densidad de 2.5 mm en la conservación de la lechuga iceberg durante su almacenamiento en refrigeración.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. La lechuga

Planta compuesta con tallo ramoso, hojas grandes, blandas, nerviosas, enteras o serradas; flores en muchas cabezuelas y de pétalos amarillentos, es ampliamente conocida y cultivada en todo el mundo, a través de numerosos tipos y variedades, siendo la planta más importante entre las hortalizas de hojas que se consumen crudas en diversas presentaciones de ensaladas. La lechuga es una planta herbácea cuyo ciclo vegetativo es de 3 a 4 meses en general, alcanzando una altura entre los 10 y 20 cm (Maroto 2009).

2.1.2. Taxonomía y morfología

USDA (2006) presenta la siguiente clasificación taxonómica de la lechuga.

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Asterales
Familia : Asteraceae
Género : Lactuca L.
Especie : Lactuca sativa L.

Según Davis *et al.* (2009) la lechuga es una planta anual cuya morfología se describe:

- **Raíz:** es pivotante, corta y con ramificaciones menor a 25 cm de tamaño.
- **Hojas:** están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.

- **Tallo:** es cilíndrico y ramificado, en cuyo interior se encuentra un jugo lechoso que da el nombre del género lactuca al cual pertenece la lechuga.
- **Inflorescencia:** son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos.

2.1.3. Variedad

Se clasifican en los siguientes grupos botánicos (Maroto 2000).

- **Longifolia:** Romanas
- **Inybácea:** De hojas sueltas
- **Agustana:** Lechuga espárrago
- **Capitata:** Engloban los cultivares que en condiciones normales forman un cogollo apretado de hojas, distinguiéndose: cultivares trocadero de hoja blanda y mantecosa, y cultivares iceberg de hoja consistente y coriácea.

2.1.4. Plagas y enfermedades de la lechuga

Gladys (2009) menciona que las plagas y enfermedades con mayor frecuencia presentes en la lechuga son:

a) Plagas

- **Trips:** La presencia de este transportador de virus en las plantas empieza por provocar grandes necrosis foliares, y rápidamente éstas acaban muriendo.
- **Minadores:** Forman galerías en las hojas, si el ataque de la plaga es muy fuerte, la planta queda debilitada.
- **Mosca blanca:** Produce una melaza que deteriora las hojas, picando y absorbiendo los jugos, dando lugar a un debilitamiento general de la planta.
- **Gusano gris:** Esta oruga produce daños a las plantas más jóvenes y quedan tronchadas. Escarba al pie de las plantas para descubrirlos.

b) Enfermedades

- **Antracnosis:** Los daños se inician con lesiones del tamaño de la punta del alfiler, éstas aumentan de tamaño hasta formar manchas angulosas circulares, de color rojo oscuro, que llegan a tener un diámetro de hasta 4 cm.
- **Botritis:** Los síntomas comienzan en las hojas más viejas con unas manchas de aspecto húmedo que se tornan amarillas, y seguidamente se cubren de moho gris que genera enorme cantidad de esporas.
- **Mildiu veloso:** En el haz de las hojas aparecen unas manchas de un centímetro de diámetro, y en el envés aparece un micelio veloso, las manchas llegan a unirse unas con otras y se tornan de color pardo.

2.1.5. Alteraciones de la lechuga durante su almacenamiento

Las alteraciones de la lechuga durante su conservación y comercialización, al igual que en el resto de productos vegetales vivos, se dividen básicamente en dos grupos: alteraciones fisiológicas y alteraciones microbiológicas, otras alteraciones tienen su origen y se manifiestan exclusivamente por la utilización de prácticas de almacenamiento inapropiadas como la conservación próxima al punto de congelación de la lechuga (-0,16) afectando o dañando la membrana celular de la lechuga (Falguera *et al.* 2011).

a) Marchitamiento

El marchitamiento es la consecuencia visible de las pérdidas de agua por transpiración. Las hortalizas siempre se conservan en atmósferas que no están saturadas, por ello se establece un flujo de agua en forma de vapor desde el producto al ambiente que lo rodea, debido a que la actividad de agua es mayor en el producto que en el ambiente. Esta pérdida gradual del agua se traduce en que los tejidos van perdiendo consistencia y por tanto, se tornan blandos de mal aspecto

y de mala calidad organoléptica, así como también la pérdida de agua, lleva consigo una degradación de la clorofila (Lipton 2009).

El marchitamiento constituye la causa más severa de deterioro debido a que el mayor componente de la lechuga es el agua (94,8%). La tasa de pérdida de agua, que depende del gradiente de presión de vapor entre la lechuga y la atmósfera, es función de la temperatura del producto, temperatura del aire, de la HR del aire, del movimiento del aire y de la presión total. Se controla por un rápido enfriamiento, bajas temperaturas de almacenamiento, HR elevada y protección del envase, en la lechuga, el marchitamiento es la más importante como factor de pérdida de calidad visual, siendo las hojas envolventes del cogollo las únicas afectadas porque protegen de la deshidratación a las hojas interiores (Morris *et al.* 2007).

b) Pardeamiento enzimático

El pardeamiento enzimático es una alteración del color que ocurre cuando los compuestos mono-fenólicos de las plantas, en presencia de O₂ y de la enzima polifenol oxidasa, son hidroxilados a o-difenoles y, más tarde, oxidados a o-quinonas (Morris *et al.* 2007).

Salunkhe *et al.* (1997) manifiesta que el pardeamiento enzimático puede surgir sólo cuando la polifenol oxidasa es liberada por lesiones, cortes, trituración de los tejidos en presencia de O₂. La enzima peroxidasa puede catalizar la oxidación de ciertos polifenoles en la presencia de o-quinonas para formar polímeros pardos responsables del pardeamiento visual.

Morris *et al.* (2007) las hojas de lechuga contienen varios polifenoles entre los que destacan el ácido clorogénico y el ácido cafeico. Este rico contenido en polifenoles constituye el primer paso para denotar la elevada susceptibilidad de la lechuga al pardeamiento enzimático. Los compuestos fenólicos en mayor cantidad se encuentran en las hojas exteriores que en los interiores de la lechuga, de tal manera

que el amarillamiento y la necrosis marginal de los márgenes de las hojas, indicadores de senescencia, fueron asociados con el decremento de la concentración de polifenoles en las hojas envolventes más viejas.

c) Nervadura rosácea

La nervadura rosácea se caracteriza por una coloración rosácea y difusa de los nervios en su parte basal y en la zona del haz de las hojas exteriores del cogollo. Cuando la alteración es leve, sólo se ven afectadas las hojas exteriores del cogollo, si está avanzada, cubre más parte del nervio pero siempre con una coloración rosácea tenue y difusa. La alteración afecta más a los nervios principales, aunque las pequeñas venas también pueden tomar color en los casos severos. Aparece principalmente por la cara interior de los nervios principales de las hojas, y en fases más avanzadas por la cara exterior (Lipton *et al.* 2002).

d) Mancha parda

La mancha parda se debe a la acumulación de CO₂ en la atmósfera de confinamiento ya sea en el interior del envase o en el recinto donde se conservan las lechugas. Por ello, la elevación del CO₂ en la atmósfera que rodea a la lechuga no se recomienda. (Watada *et al.* 2004).

Una ligera coloración amarillenta a pardo-rojiza en los nervios principales es una evidencia del inicio de mancha parda. La mancha parda se caracteriza por unas lesiones que suelen aparecer en las hojas de la parte del cogollo y en ambas caras de las hojas, las lesiones en el haz de las hojas suelen ser menos que en el envés. Estas lesiones suelen ser en su comienzo difusas y de un color pardo muy tenue, posteriormente la parte exterior de las manchas se tornan

más pardas y se unen para formar otras más grandes (Ilker *et al.* 2007).

La alteración afecta sólo a los tejidos epidérmicos, aunque también puede afectar a algunas pocas células del parénquima siendo las hojas internas y las exteriores del cogollo siempre exentas de la alteración. Cuando el CO₂ es muy elevado, las manchas pueden unirse formando grandes zonas coloreadas, además la mancha también depende de la composición de la atmósfera, de la temperatura, de la variedad comercial de lechuga y de la estación del año (Ilker *et al.* 2007).

e) Podredumbre blanda bacteriana

Según Ilker *et al.* (2007) la podredumbre blanda bacteriana es la principal causa de podredumbre en los vegetales y además constituye la causa más frecuente de deterioro en los tejidos poco ácidos de la lechuga durante prolongados períodos de almacenamiento y en las piezas afectadas de necrosis marginal en condiciones húmedas.

La lechuga y entre otras hortalizas poseen un elevado contenido en agua con muy poco tejido consistente. La epidermis con la capa cerosa es una barrera importante contra la invasión, pero es delgada y frágil. Así, las plantas se aplastan, se rompen o lesionan fácilmente durante la recolección o transporte, y las bacterias se proliferan donde aparecen hojas rotas, provocando podredumbre blanda bacteriana (ICMSF 2008).

La podredumbre blanda bacteriana es una alteración muy frecuente que se presenta en las plantas hortícolas, acompañada frecuentemente de mal olor, que puede aparecer tanto en campo como en almacén. Los tejidos vegetales afectados se descomponen rápidamente en presencia de calor húmedo y cuando disminuye el nivel de O₂ los patógenos se propagan especialmente por los

espacios intercelulares de los tejidos parenquimatosos, al desintegrarse la pectina de las paredes celulares, se destruyen las laminillas medias, disolviéndose las uniones celulares. Las temperaturas superiores a 20°C favorecen su aparición durante la conservación, sin embargo la pre-refrigeración de la lechuga se ha mostrado beneficiosa para reducir su incidencia durante la comercialización (Martínez 2009).

f) Pardeamiento del nervio central

El pardeamiento del nervio central se ve fuertemente influenciado por la estación del año en primavera más que en verano. Aunque la causa no está del todo esclarecida, es una manifestación más de la senescencia, acompañado por un desfavorable tiempo caluroso (Lipton *et al.* 2008).

Es más común en la lechuga cuando crece a temperaturas superiores a 27°C, o cuando la temperatura nocturna se encuentra entre 13 y 18°C. Las lesiones se caracterizan por ser de color amarillas a negras. La mayoría aparece en las hojas exteriores del cogollo, principalmente en la zona de la curvatura. La coloración suele aparecer por debajo de la epidermis, aunque a veces, suele estar este tejido también implicado y se forma una ligera cavidad y tiene su origen durante el cultivo, las medidas preventivas de aparición de la alteración consisten en evitar cosechar las lechugas en estado sobre maduro (Martínez 2002).

g) Necrosis marginal

La necrosis marginal se caracteriza por unas manchas necróticas en los márgenes de las hojas debido a la deficiencia en calcio de estos tejidos. Esta alteración suele aparecer en campo, en la fase más avanzada del cultivo y próxima a su recolección, especialmente sobre lechuga sobre madura más o menos firme (Ryder 2005).

El desarrollo de la alteración no se ve afectado por las prácticas postcosecha, aunque el oscurecimiento de las lesiones y la posterior podredumbre de las zonas afectadas pueden tratarse por métodos expuestos con anterioridad. La severidad de la alteración se mide no sólo por el número de hojas afectadas, sino también por el ancho de la zona necrótica. La necrosis marginal se inicia antes de la cosecha de la lechuga por la ruptura de los conductos de látex y la consecuente expansión del látex entre las células. Esta secuencia de eventos recuerda al laticífero donde la ruptura de los conductos de látex provoca una coloración rosácea. La diferencia en el color de un proceso tan similar, es debido exclusivamente a los distintos tejidos envueltos: rosa cuando la clorofila no está presente (Ryder 2005).

2.1.6. Composición química

En el cuadro 1 se muestra la composición química general de la lechuga iceberg.

Cuadro 1. Composición química de la lechuga iceberg en 100 g de parte comestible.

Componentes	Contenido	Unidad de medida
Agua	95.40	g
Energía	14.00	kcal
Proteína	0.90	g
Grasa	0.14	g
Carbohidrato	2.97	g
Fibra	1.20	g
Calcio	18.00	mg
Hierro	0.41	mg

Fuente: Dupont *et al.* (2009).

Continuación cuadro 1. Composición química de la lechuga iceberg en 100 g de parte comestible.

Magnesio	7.00	mg
Fósforo	20.00	mg
Potasio	141.00	mg
Sodio	10.00	mg
Zinc	0.15	mg
Vitamina C	2.80	mg
Tiamina	0.04	mg
Riboflavina	0.02	mg
Niacina	0.12	mg
Vitamina A	502.00	UI
Vitamina E	0.18	mg
Vitamina B ₆	0.04	UI
Vitamina K	24.10	µg

Fuente: Dupont *et al.* (2009).

2.1.7. Usos

La lechuga es rica en calcio y fibra. Se utiliza fresco en ensaladas y como acompañante en diferentes platos de la cocina. El aporte de calorías de esta verdura es muy bajo, mientras que en vitamina C es muy rica. Está compuesta en un 94% de agua y aporta mucho potasio, y fósforo (Dupont *et al.* 2009).

2.1.8. Alimentos de IV gama

Son frutas y hortalizas modificados físicamente para obtener alimentos listos para el consumo sin sus partes no comestibles, lavados, pelados, trozadas, rebanadas, ralladas y envasada en plásticos, conservados a temperaturas de refrigeración con una duración mínima de 7 días para su consumo inmediato (Artes *et al.* 2010).

Según Gil y Gorny (2009) las operaciones para el procesado de lechuga de IV gama son:

a) Recolección de materias primas

Es recomendable que se emplee siempre el sistema que menos daño cause al producto como es la recolección manual.

Cuadro 2. Especificaciones de la lechuga de IV gama.

Descripción general	Cabezas bien formadas, hojas lisas, no rizadas, sin daños físicos, sin plagas ni enfermedades, con ausencia de contaminantes, microbiológicos, químicos y físicos.
Textura	Crujiente y firme, pero no duras, hojas frescas e hidratadas y suficientemente robustas para soportar el lavado.
Sabor y aroma	Típico, ligeramente dulce, no amargo y sin olores extraños.
Color	Interno desde un amarillo suave a un verde claro.
Parámetros críticos	Exceso de humedad y barro. Producto demasiado viejo, contaminación química o física por cuerpos extraños.

Fuente: Dupont *et al.* (2009).

Continuación cuadro 2. Especificaciones de la lechuga de IV gama.

	Daños mayores	<ul style="list-style-type: none"> - Gusanos, tijeretas, babosas, etc. - Pulgón, araña roja, insectos (> 5 por cabeza) - Oxidación interior y exterior.
Efectos de calidad	Daños menores	<ul style="list-style-type: none"> - Pulgón, araña roja, insectos (<5 por cabeza). - Daños por parásitos - Tallo mayor de 50 mm - Daños por frío en 3 hojas exteriores. - Oxidación exterior. - Calibres inferiores al estándar. - Hojas interiores rizadas.

Fuente: Dupont *et al.* (2009).

b) Recepción de la materia prima

En esta etapa es fundamental realizar una inspección visual para controlar características como: color, olor, textura, temperatura de llegada, y otras. Es recomendable efectuar una evaluación y control para garantizar que la materia prima fue producida y recolectada en forma adecuada y respetando su desarrollo fisiológico y estado para ser cosechado.

c) Almacenamiento de la materia prima

Cuando hay que almacenar la materia prima durante un período prolongado (mayor a un día) antes de su transformación, es necesario hacerlo a temperaturas de refrigeración, en el caso de las lechugas deben almacenarse entre 3 - 6°C.

d) Selección y clasificación

El objetivo de esta operación es obtener un producto final que cumpla con un estándar de calidad uniforme al momento de su comercialización. Consiste en realizar una selección y clasificación relacionadas con diversos factores: tamaño, forma, color, firmeza, magulladuras, superficies cortadas, alteración y solidez. Aquellos vegetales de menor tamaño, sobre maduros o defectuosos deberían separarse de los que presenten características aceptables, ya que los productos alterados pueden perjudicar la calidad del resto.

e) Acondicionado

Es la eliminación de la parte externa del cogollo, hojas viejas y amarillentas que se encuentran deteriorados, dañados durante la cosecha y transporte para su posterior proceso.

f) Lavado

Operación que elimina la suciedad, restos de tierra, contaminantes físicos mediante la utilización de agua, la que puede ser manual o mecánica. Tiene como objetivo separar y eliminar las sustancias extrañas eventualmente presentes en las frutas u hortalizas o en los cestos o bins de recolección y transporte (ramitas, estacas, insectos, arena, tierra, etc.). En algunos casos resulta efectivo realizar operaciones de separación mediante gravedad, flotación, escurrido o inmersión. Es recomendable que la temperatura del agua sea de 4°C aproximadamente para mantener el producto frío (Artés 2008).

g) Desinfección

Para desinfectar los productos, las superficies de los equipos, y reducir la población microbiana en el agua utilizada en las operaciones de higienización, limpieza y empaque. Los compuestos de cloro son generalmente usados en niveles de 50 - 200 ppm, con

un tiempo de contacto menor a 5 min, usualmente utilizados a valores de pH entre 6.0 - 7.5, para minimizar la corrosión de los equipos (Rico *et al.* 2007).

El cloro es el desinfectante más empleado industrialmente para los productos mínimamente procesados y su forma activa que le confiere poder antimicrobiano es la formación del ácido hipocloroso (HOCl) que se forma al disociarse, la cual depende del pH del agua. A pesar de que es barato y efectivo, puede dejar residuos químicos en el medio ambiente o formar compuestos potencialmente cancerígenos como los trihalometanos y cloraminas (Aguayo *et al.* 2007).

h) Secado

Se efectúa a través de centrifugas industriales con 2800 rpm, que permite eliminar el exceso de agua, siendo indispensable el secado superficial para la conservación del producto.

i) Pesado y envasado

El pesado y envasado de los productos troceados es la fase final del proceso, (en función al producto, se busca el envase más adecuado, que incluye desde bolsas a barquetas, tarrinas o bandejas; siempre son envases transparentes para que el consumidor pueda percibir la frescura y calidad del producto).

j) Almacenamiento

El almacenamiento se mantiene en condiciones de refrigeración hasta el consumo, siendo la temperatura recomendada en todo el proceso, desde que se recolecta la materia prima hasta la colocación en el punto de venta entre 1 y 4°C. Los productos de IV Gama deben encontrarse refrigerados para conservarlos en sus óptimas condiciones, hasta el momento del consumo (Alegría *et al.* 2009).

2.1.9. Métodos de conservación de la lechuga

a) Almacenamiento convencional

La lechuga es una hortaliza de hoja bastante perecedera, por lo que requiere unas labores postcosecha cuidadosas en las que debe concursar la refrigeración. A 20°C la duración de vida comercial es de un día, a 0°C la duración comercial se ha estimado en 12 días. En la lechuga es norma comercial la utilización de 2°C, por un lado no tiene riesgos de congelación, y por otro su mantenimiento es menos costoso que 0°C. Además para el tiempo de conservación de 1 a 2 semanas como mucho, la consideran una temperatura aceptable. Adicionalmente, la temperatura de los camiones frigoríficos utilizados para la exportación de la lechuga se fija en 2°C. Sin embargo a 0°C es la óptima para la lechuga y la que se debe preferir en todo momento (Namesny 2008).

b) Almacenamiento en atmósfera modificada

Según Salunkhe y Desai (1996) citado por Juan (2010), la atmósfera modificada recomendada para la conservación de la lechuga son del orden del 3 a 5% de O₂ y CO₂ por debajo del 1%, pero la mejor combinación dada por los mismos autores para prolongar la supervivencia comercial fue de 2.5% O₂ + 2.5% CO₂. Atmósfera que mantuvo el color verde brillante de las hojas. Los efectos beneficiosos de este método de conservación de la lechuga es la reducción de las pérdidas de peso, pardeamiento del corte de tallo y otros desórdenes fisiológicos.

c) Almacenamiento en atmósfera controlada

Janick (2009) la técnica de atmósfera controlada se propuso en la comercialización de la lechuga para varios objetivos. Uno de ellos fue conservar la lechuga durante períodos de transporte marítimo de hasta 3 semanas. La calidad en este caso, no solamente debe cubrir

factores tales como marchitamiento, sabor y color sino también suprimir o mitigar algunos desórdenes fisiológicos y microbiológicos conservando de 4 a 6 semanas, así como también el mantenimiento de la calidad de la lechuga mínimamente procesada. La más adecuada para conservar la lechuga en una atmósfera controlada se debe emplear 2.5% CO₂ + 2.5% O₂ a 1.7°C para tiempos largos de conservación, que mantienen la calidad y el color verde brillante de las hojas, lo cual conserva durante más de 40 días.

2.1.10. Atributos de calidad

Los atributos de calidad considerados en los productos de IV gama se describe a continuación.

a) Calidad visual general

La lechuga se comercializa sobre la base de su calidad visual. Una lechuga de elevada calidad debe de estar limpia, sin pardeamiento, compacta, turgente y dotada de un suave color verde brillante. La calidad visual es el factor fundamental para elegir una determinada compra de lechuga, más importante incluso que la calidad organoléptica, ya que la lechuga no es una fuente de sabor, por ello se consume siempre aliñada y por tanto, las especias contribuyen ampliamente a su sabor final (Maroto *et al.* 2009).

b) Tamaño

El tamaño en la lechuga debe coincidir con el óptimo para un mercado específico, por ejemplo, la lechuga iceberg para EE.UU. debe de estar comprendido entre 12.7 y 15.2 cm. de diámetro, en Europa existe gran diversidad de tamaños o calibres en función del mercado, variando entre 6 y 16. El número de calibre corresponde con la cantidad de lechugas de tamaño homogéneo que se pueden introducir de manera adecuada en un embalaje de dimensiones

49 x 39 cm. En el cuadro 3 se muestra los calibres de la lechuga iceberg para exportación.

Cuadro 3. Relación calibre/peso de la lechuga iceberg.

Calibre	Rango de pesos (g)
6	835 – 920
7	715 – 830
8	625 – 710
9	555 – 620
10	500 – 550
11	450 – 495
12	400 – 445

Fuente: Falguera *et al.* (2011).

c) Presencia de defectos

Los daños mecánicos o físicos están referidos a las magulladuras, presión o aplastamiento, golpes, roces y cortes, considerando a todo aquello que provoca la rotura de las células como defectos. Las heridas constituyen un estrés físico para la planta o el fruto que daña al tejido, incrementando la tasa de respiración y la pérdida de agua y además favorece el ataque de patógenos. En la lechuga el tejido dañado pierde turgencia y coloración. Lo cual genera pérdida de calidad y desecho en las cabezas de lechuga (Castillo *et al.* 2010).

d) Color

El color es el atributo individual que mayoritariamente interviene en la calidad general, ya que es el primer atributo que detecta el ojo y la mente del consumidor. El color verde brillante es el típico de una lechuga de buena calidad, aunque la tonalidad puede variar en función de varios factores, principalmente la variedad. Las tonalidades amarillas son siempre sinónimas de mala calidad.

Existen una gran cantidad de factores durante la cosecha y en pos recolección que pueden alterar el color de un mismo producto, por ejemplo, variedad, desarrollo, madurez, daños físicos (Castillo *et al.* 2010).

e) Sabor y olor (flavor)

El flavor es una combinación del sabor y de sensaciones olorosas, mientras que el sabor es fácilmente definible en términos de dulce, salado, amargo y agrio, el olor es considerablemente más complejo, a causa de la gran cantidad de compuestos volátiles que tienen las frutas y hortalizas. Junto con el sabor, el olor debe ser un criterio primario de calidad para decidir sobre la compra o ingestión de un producto (Castillo *et al.* 2010).

f) Textura

La palabra textura está relacionada con el frescor crujiente, tierno y succulento, que son términos que se aplican en grados variables para definir la calidad de las hortalizas de hoja. La lechuga iceberg es fresco crujiente, tierno y succulento (Castillo *et al.* 2010).

g) Calidad microbiológica

La calidad microbiológica de la lechuga debe ser considerada en base a que se trata de un producto perecedero, con hojas ricas en agua, que crece cerca del suelo y se consume cruda. La lechuga presenta riesgos potenciales, incluyendo bacterias entéricas, parásitos y virus procedentes del suelo, de los fertilizantes o del agua de riego, insectos y manipuladores. La aplicación de aguas residuales introduce patógenos de origen humano contaminando las hortalizas y volviéndoles inaceptables para el consumo de acuerdo a las normas, en el cuadro 4 se puede apreciar los patógenos existentes en las hortalizas (ICMSF 2008).

Cuadro 4. Requisitos microbiológicos para frutas y hortalizas frescas semiprocadas.

Agente microbiano	Limite ufc/g	
	Min	Max
Aerobios mesofilos	10^2	10^3
Staphylococcus aureus	10	10^2
Coliformes totales	10	10^2
E. coli	-	10
Salmonella sp.	Ausencia/25 g	-
Listeria monocytogenes	Ausencia/25 g	-

Fuente: ICMSF (2008).

2.1.11. Vida útil de la lechuga

La conservación de la lechuga radica en su potencial de conservación, basado en tres conceptos fundamentales: temperatura, tiempo y humedad. La lechuga es un producto perecedero que tiene una vida útil estimada en 1 día a 20°C y 12 días a 0°C. Es por ello que se debe refrigerar para mantener una calidad aceptable a la temperatura más baja posible por encima del punto de congelación, ya que este producto no es sensible a los daños por frío (Namesny 2000).

De acuerdo al IIF (2008) las condiciones óptimas de conservación de la lechuga están en 0°C y 95% de HR. La duración de la conservación se estima viable entre 7 y 21 días y el punto de congelación lo sitúa en -0,5°C. Así como también fija la temperatura de transporte en función de su duración: entre 0 y 6°C para transportes entre 1 a 3 días y de 0 a 2°C para 4 a 6 días. Una temperatura estable próxima a 0°C podría ser ideal para períodos de conservación prolongados, pero al mismo tiempo se tiene mayor riesgo de congelación ante las pequeñas oscilaciones de temperatura en el ambiente de almacenamiento.

2.1.12. Empaque para hortalizas de IV gama

Según Martínez (2010) el principal objetivo del empaque de alimentos es proteger los productos del daño mecánico, de la contaminación química y microbiana, en algunos casos del oxígeno, del vapor de agua y la luz. El tipo de empaque juega un papel importante en la vida del producto, brindando una barrera simple a la influencia de factores, tanto internos como externos.

- Polietileno

Según Martínez (2010) el empaque compuesto por películas de polietileno es el material predominante para envolver frutas y vegetales y se encuentran en una amplia gama de espesores. El polietileno es un material termoplástico blanquecino, de transparente a translúcido, y es frecuentemente fabricado en finas láminas transparentes.

Según William (2008) el polietileno ha encontrado amplia aceptación en virtud de su buena resistencia química, falta de olor, no toxicidad, poca permeabilidad para el vapor de agua, excelentes propiedades eléctricas y ligereza de peso. Se emplea en tuberías, fibras, películas, aislamiento eléctrico, revestimientos, envases, utensilios caseros, aparatos quirúrgicos, juguetes y artículos de fantasía. Recientemente han adquirido mayor importancia los usos que se basan en su inercia y su resistencia al agua.

Según William (2008) las ventajas del polietileno de baja densidad son las siguientes:

- El costo de las bolsas de polietileno es bajo
- En el proceso de empaque se puede automatizar reduciendo aún más los costos de producción
- Las bolsas de polietileno son claras, permitiendo la inspección fácil del contenido y pueden ser impresos con gráficas de alta calidad.
- Ayuda a controlar los gases dentro del empaque

- El tipo de empaque usado también tiene influencia en el ambiente alrededor del producto, ya que algunos plásticos presentan unas propiedades muy pobres al funcionar como barreras, ante los gases y la humedad, por lo cual debemos tener presente que el material de la película debe "respirar" a una velocidad necesaria para mantener la mezcla correcta de oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua en el interior de la bolsa.

2.1.13. El cloro

El cloro en su forma elemental es un gas amarillo-verdoso formado por moléculas di-atómicas, siendo unas 2.5 veces más pesado que el aire, de olor desagradable y venenoso. Sin embargo la industria química lo ofrece combinado con otros elementos y en una amplia variedad de presentaciones gracias a su facilidad para combinarse con casi todos los elementos. Es uno de los desinfectantes más utilizados en la industria alimenticia. Se utiliza para el tratamiento del agua potable, procesamiento y lavado de equipos y otras superficies (Richardson *et al.* 2002).

- Límites permisibles del uso de cloro en la desinfección

El efecto de soluciones de hipoclorito sobre microorganismos en la superficie de hortaliza está bien documentado y en general se utiliza en concentraciones de 50 - 200 ppm con un tiempo de contacto de 1 - 3 minutos. Las máximas reducciones alcanzadas son de aproximadamente 2 órdenes, siendo en muchos casos similares a las alcanzadas por tratamiento con agua hervida. El hipoclorito de cálcico y sódico posee una toxicidad relativamente baja, son levemente corrosivos para los ojos y que causan quemaduras en las membranas de las mucosas (FDA 2001).

- Hipoclorito de Calcio

Según AWWA (2006) las ventajas de utilizar el hipoclorito de calcio es por su facilidad de uso, el precio es más barato y la estabilidad al almacenarse se encuentra en presentaciones del 65 - 70% en forma sólida. Se debe siempre disolver previamente en un pequeño volumen y después adicionar al tanque o al hidrocóoler. Su adición incrementa el nivel de pH en el agua arriba de los 7.5. La reacción química del hipoclorito de calcio en el agua es:



2HOCl: Agente desinfectante

2OH⁻ : Causa mayor aumento de pH

- Agentes claves en la desinfección.

Según AWWA (2006) el ácido hipocloroso y el ion hipoclorito, son los dos tipos de moléculas que junto con el cloro elemental (Cl₂) conforman el llamado cloro libre. Estos dos compuestos se forman cuando los hipocloritos entran en contacto con el agua. Aunque ambas sustancias realizan la acción de desinfección, su comportamiento y eficacia es extremadamente distinta. El ácido hipocloroso por su parte tiene 100 veces mayor potencia que el ion hipoclorito, por lo tanto si tuviéramos en el agua una mayor concentración de hipoclorito que hipocloroso necesitaríamos una mayor cantidad de tiempo de contacto del producto para desinfectarlo adecuadamente. La menor eficacia de hipoclorito se debe a un hecho muy simple. Las bacterias tienen cargada negativamente la pared que las protege y al ser el hipoclorito igualmente un ion cargado negativamente se repelen, lo que dificulta la penetración de la pared bacteriana y por lo tanto la muerte de la bacteria. En contraste el ácido hipocloroso es un molécula neutra, al no tener carga puede penetrar capas limosas, paredes celulares y

capas protectoras de microorganismos matando de manera efectiva los patógenos.

La absorción del calcio en las plantas.

Winniczuk (2004) menciona que la absorción del calcio por la planta es pasiva y no requiere una fuente de energía. El calcio se transporta por la planta principalmente a través del xilema, junto con el agua. Por lo tanto, la absorción del calcio, está directamente relacionada con la proporción de transpiración de la planta. Algunas de las funciones del calcio en las plantas son:

- Promueve el alargamiento celular.
- Toma parte en la regulación estomática.
- Participa en los procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes.
- Fortalece la estructura de la pared celular, el calcio es una parte esencial de la pared celular de las plantas. Este forma compuestos de pectato de calcio que dan estabilidad a las paredes celulares de las células.
- Participa en los procesos enzimáticos y hormonales.

2.2. ANTECEDENTES

Gladys (2009) en su investigación: **“Efecto de anti pardeantes sobre cuatro tipos de lechuga (*Lactuca sativa L.*) sometida a mínimo proceso”**, con el objetivo de evaluar el comportamiento postcosecha de la lechuga costina, escarola, milanesa y española, el efecto del antipardeante sobre las hojas cortadas, lo cual fueron lavadas con agua clorada a una concentración de 150 mg/L y dejaron escurrir. El tratamiento (T₁) fue sumergido por dos minutos en una solución de ácido cítrico al 0,3% con ácido ascórbico al 0,5%, el tratamiento (T₂) en una solución de ácido cítrico al 1% con ácido ascórbico al 1%, el tratamiento (T₃) en una solución de ácido cítrico al 0,5% y el tratamiento (T₄) en una solución de

ácido cítrico al 1%. Posteriormente se centrifugaron por 2 min y se llenaron bolsas PD 961, con 150 g de lechuga, las que se almacenaron en una cámara de frío a 4°C y 85% HR, durante 7 días. Al inicio y a los 7 días se procedió a medir el color, se efectuó un análisis microbiológico y evaluación sensorial con un panel entrenado. El tratamiento T₂ tuvo un efecto antipardeante sobre las lechugas por 7 días y el tratamiento T₃ disminuyó la carga bacteriana, lo que significó tener una mejor calidad microbiológica al final de la investigación.

Ana y Haydeé (2009) en su trabajo de investigación: **“Evaluación de tres tipos de empaques en la conservación de las características de calidad de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) durante el almacenamiento”**. Estudiaron el comportamiento de la lechuga Iceberg durante su almacenamiento después de ser empacadas en polietileno y polipropileno con y sin perforación. Las lechugas fueron almacenadas a 5°C y a temperatura ambiente, el tiempo de almacenamiento fue de 1 semana para las lechugas a temperatura ambiente y de tres semanas para aquellas a 5°C. El efecto de la temperatura fue significativo, no así el efecto del tipo de empaque. Concluyendo lo siguiente: la principal función del empaque es mantener la cadena de frío, útil para prolongar su vida y ser aceptada por el consumidor. El empaque de vegetales y frutas juega principalmente un papel de inocuidad y en cambio su conservación lo hace de una forma apenas apreciable. La temperatura baja de almacenamiento permite que las reacciones metabólicas disminuyan, siempre y cuando sean protegidas por un empaque.

Coronel *et al.* (2010) en su investigación: **“Actividad de la nitrato reductasa y contenido de clorofila en lechuga cultivada hidropónica y orgánicamente”**. El objetivo del presente estudio fue determinar los niveles de la actividad de nitrato reductasa y contenido de clorofilas en dos cultivares de lechuga cultivada en tres sistemas de cultivo: suelo,

hidropónico y orgánico. Obteniendo los siguientes resultados: encontraron diferencias significativas en el contenido de clorofila total y se encontró mayor y menor concentración de clorofilas en las hojas de la lechuga iceberg cultivadas hidropónicamente (2.12 $\mu\text{g/g}$ de producto final) y orgánicamente (0.57 $\mu\text{g/g}$ de producto final).

Cantor y Mendoza (2012) en su trabajo de investigación: **“Efecto del hipoclorito de calcio para el control de E. coli en lechuga (*Lactuca sativa* L.)”**. Estudiaron la efectividad del hipoclorito de calcio (100 y 150 mg/L), después de que la lechuga haya simulado de contaminación con E. Coli de manera intencional, obteniendo como resultado la concentración de 150 mg/L la más efectiva, reportando 2.19 Log ufc/cm² después de la desinfección; mientras la concentración de 100 mg/L redujo en 1.32 Log ufc/cm² a una temperatura de 4°C. Concluyendo lo siguiente: la concentración de hipoclorito de calcio 150 mg/L redujo la carga microbiana dentro de los límites que establece la norma colombiana.

Adrián *et al.* (2008) en su trabajo de investigación: **“Evolución del color en lechuga (*Lactuca sativa*) mantecosa mínimamente procesada; efecto del troceado y la inmersión en cloruro de calcio”**. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del troceado e inmersión en Cl₂Ca al 2% sobre el mantenimiento del color en hojas de lechuga mantecosa almacenada en cámaras refrigeradas a $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$, y a $8 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 8 días. Los tratamientos evaluados fueron: hojas de lechuga entera y troceada, con y sin inmersión en Cl₂Ca al 2%. Obteniendo los siguientes resultados: Después de 8 días de almacenamiento se observó un aumento del valor a* indicativo del color verde, en el tratamiento troceado, así como una disminución de las concentraciones de clorofilas a, b y total en todos los tratamientos. El parámetro b* incrementó su valor en hojas enteras, mientras que descendió levemente cuando las hojas se habían troceado. La inmersión en Cl₂Ca no produjo efectos significativos en hojas

almacenadas a $1 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pero sí a $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$, encontrando los siguientes parámetros de color: L^* 54.09, a^* -14.31 y b^* 28.97.

Cristián (2011) en su trabajo de investigación: “**Evaluación de los factores que influyen en la durabilidad de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) como producto de IV gama**”. El objetivo fue evaluar los factores que influyen en la durabilidad de hortalizas como producto de IV gama. Para ello se evaluó la población de bacterias aerobias mesófilos y coliformes sobre dos tratamientos de atmósfera (modificada y sin modificar) en dos tipos de lechuga: mantecosa y escarola, procesadas en fresco y después de ser almacenadas en cámara por 3 días. Obteniendo los siguientes resultados: el tipo de lechuga mantecosa presentó mayor cantidad de aerobios mesófilos (ufc/g) y se encontró la presencia de coliformes. La población de bacterias fue mayor en las muestras que fueron procesadas en fresco, en ambos tipos de lechuga la oxidación fue mayor en las muestras que fueron previamente almacenadas y el amarillamiento fue más marcado en el tipo mantecosa. El tipo escarola fue la que mejor se comportó como producto mínimamente procesado. Concluyendo lo siguiente: la lechuga tipo mantecosa presentó en mayor número carga microbiana y amarillamiento en las hojas frente a la lechuga tipo escarola lo cual conservó sus características durante 15 días.

Galvis y Hernández (2004) en su trabajo de investigación: “**Influencia del cloruro de calcio en la conservación del mango (*Mangifera indica* L.) variedad Tommy Atkins**”. El cloruro de calcio (CaCl_2) ha sido utilizado como retardante de la maduración de varias frutas, como manzana, tomate, Guanábana y lulo. Su efecto es el de retardar al máximo los procesos fisiológicos y bioquímicos debido a la acción de refuerzo sobre los componentes estructurales básicos como las membranas y las sustancias pécticas, inhiben el normal desarrollo de la maduración de la fruta. (Poovahiah, 1986).

Se empleó en la conservación del mango variedad Tommy Atkins un retardante de maduración, el cloruro de calcio (CaCl_2) a baja temperatura (10°C), con 90% de HR, encontrándose que la inmersión de la fruta en una solución de concentración del 15% de CaCl_2 permite su conservación por un espacio de 38 días con un buen comportamiento de las características fisicoquímicas de °Brix, acidez y pH del producto y alcanzado su completa madurez fisiológica.

Entre las sales retardantes sobresalen el permanganato de potasio (KMnO_4) y el cloruro de calcio (CaCl_2).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis general

- Las diferentes concentraciones de hipoclorito de calcio, tiempos de inmersión y empaque de polietileno de baja densidad presentan diferencias en la conservación de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.

2.3.2. Hipótesis específico

- La concentración de hipoclorito de calcio y tiempo de inmersión tienen efecto en la conservación la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.
- Los empaques de polietileno de baja densidad de 2.5 mm con y sin orificio presentan diferencias en la conservación de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.

2.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

2.4.1. Variables

2.4.1.1. Variable independiente

Uso de diferentes concentraciones de hipoclorito de calcio, tiempos de inmersión y el empaque de polietileno de baja densidad con orificio y sin orificio para la conservación de la lechuga iceberg.

a) Concentraciones de hipoclorito de calcio

X₁₁: 100 ppm

X₁₂: 150 ppm

X₁₃: 200 ppm

b) Tiempos de inmersión

X₂₁: 1 min

X₂₂: 2 min

X₂₃: 3 min

c) Empaque de polietileno de baja densidad

X₃₁: Con orificio

X₃₂: Sin orificio

2.4.1.2. Variable dependiente

- Conservación de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.

2.4.2. Operacionalización de variables

En el cuadro 5 se presenta la operacionalización de las variables.

Cuadro 5. Operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores
<p>Independiente</p> <p>Niveles de concentraciones de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, tiempos de inmersión y empaque de polietileno de baja densidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentraciones de hipoclorito de calcio ▪ Tiempos de inmersión ▪ Empaque de polietileno 	<p>X_{11}: 100 ppm X_{12}: 150 ppm X_{13}: 200 ppm</p> <p>X_{21}: 1 min X_{22}: 2 min X_{23}: 3 min</p> <p>X_{31}: Con orificio X_{32}: Sin orificio</p>
<p>Dependiente</p> <p>Tiempo de conservación de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis microbiológico ▪ Características fisicoquímicas ▪ Evaluación sensorial 	<p>Coliformes (0 días) y a los mejores tratamientos (8 días)</p> <p>Color (0, 2, 4 y 6 días) y a los mejores tratamientos (9 días).</p> <p>Clorofila (0 días) y al mejor tratamiento (9 días).</p> <p>Apariencia general, color Sabor Textura</p> <p>A los mejores tratamientos (9 días).</p>

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al tipo de investigación, pertenece a la investigación aplicada y nivel experimental.

3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN

La fase experimental se realizó en el laboratorio de Procesos Agroindustriales Alimentarios de la E.A.P de Ingeniería Agroindustrial y el laboratorio de la Unidad de Laboratorios, Gabinetes y Talleres – Bromatología de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, en el distrito de Pillcomarca, provincia de Huánuco, departamento de Huánuco, entre los meses de octubre a diciembre del 2014.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS

3.3.1. Población

La población estuvo conformada por 186 cabezas (cogollos) de lechuga iceberg (*Lactuca sativa L.*) procedentes de la localidad de Malconga, distrito de Amarilis, provincia de Huánuco.

3.3.2. Muestra

La muestra fue 3 cabezas, con un promedio de 390 g, obteniendo un rendimiento (parte aprovechable de la lechuga) de 280 g por cabeza, llegando a un total de 27 kg de muestra.

3.3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis fue de 250 g de lechuga iceberg deshojada, lavada, desinfectada, empacada y almacenada en refrigeración.

3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Para determinar la concentración óptima de hipoclorito de calcio, tiempo de inmersión y del mejor empaque en la conservación de lechuga iceberg se consideró los siguientes tratamientos en estudio.

Cuadro 6. Tratamiento por la intensidad del color a* y b*.

Tratamientos	Bloque	Factor A (ppm)	Factor B (min)	Color a* y b*
1	1	100	1	
2	1	100	2	
3	1	100	3	
4	1	150	1	
5	1	150	2	
6	1	150	3	
7	1	200	1	
8	1	200	2	
9	1	200	3	
10	2	100	1	
11	2	100	2	
12	2	100	3	
13	2	150	1	
14	2	150	2	
15	2	150	3	
16	2	200	1	
17	2	200	2	
18	2	200	3	

Bloque: Empaque de polietileno de baja densidad con orificio y sin orificio.

Factor A: Concentración de hipoclorito de calcio

Factor B: Tiempo de inmersión.

Para determinar el mayor tiempo de vida útil de la lechuga iceberg lavada, desinfectado, empacado y refrigerado, se correlacionó con el análisis microbiológico para determinar los límites de inocuidad y finalmente se realizó el análisis sensorial y caracterización al mejor tratamiento en el contenido de clorofila.

3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para éste estudio, se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula

H₀: La concentración de hipoclorito de calcio, el tiempo de inmersión y el empaque de polietileno de baja densidad con y sin orificio presentan diferencias en la conservación de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.

H₀: $T_1=T_2=T_3=T_4=T_5=T_6=T_7=T_8=T_9=T_{10}=T_{11}=T_{12}=T_{13}=T_{14}=T_{15}=T_{16}=T_{17}=T_{18}=T_0$

Hipótesis de investigación

H₁: La concentración de hipoclorito de calcio, el tiempo de inmersión y el empaque de polietileno de baja densidad con y sin orificio no presentan diferencias en la conservación de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.

H₁: al menos un $T_i \neq T_0$

3.5.1. Diseño de la investigación

a) Estudio de la inmersión y empaque de la lechuga de IV gama

Comprendió el estudio de la evaluación del efecto de la concentración, tiempo y empaque en el color instrumental en la escala CIELAB a^* y b^* de la lechuga Iceberg, para lo cual se usó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 3x3 con 2 bloques donde se estudiaron 3 niveles de concentración de hipoclorito calcio (100, 150 y 200 ppm), 3 niveles de tiempo de inmersión (1, 2 y 3 min.) y dos bloques (empaque de polietileno de baja densidad con orificio y sin orificio), cuyo modelo aditivo lineal es la siguiente ecuación:

$$Y_{ijk} = B_k + \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es el contenido del indicador del color en la escala CIELAB a^* y b^* en el k -ésimo tipo de empaque de la i -ésima concentración con la j -ésimo tiempo de inmersión.

B_k = Efecto i , j -ésimo bloque

μ = Es el efecto de la media general de los atributos de calidad

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A (concentración)

β_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor B (tiempo)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i -ésimo nivel del factor A con j -ésimo nivel del factor B

ε_{ijk} = Es la variación del error asociado con las ijk unidades.

Para la evaluación de variables de tipo cuantitativo que se reportaron en el experimento se verificó previamente el cumplimiento de los supuestos de un análisis de varianza. Se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significación de 5%.

b) Evaluación de la carga microbiana

Simultáneamente al monitoreo del color instrumental en la hortaliza en estudio, fue evaluada la parte microbiológica (Coliformes totales) a fin de establecer los límites de inocuidad.

c) Caracterización al mejor tratamiento

Teniendo en cuenta los resultados del análisis microbiológico se procedió a la evaluación sensorial a los 9 días de almacenamiento, utilizando la ficha de evaluación (anexo 6), que permitió registrar la opinión de 15 panelistas semientrenados, cuyas calificaciones se sometieron a la prueba no paramétrica de Friedman con su correspondiente prueba de comparación a un nivel de significación $\alpha = 5\%$, teniendo en cuenta la prueba de aceptabilidad, la estabilidad del color instrumental (a^* y b^*) y

carga microbiana para poder identificar al mejor tratamiento en la investigación.

3.5.2. Datos registrados

La caracterización de la materia prima en los indicadores de calidad: Índice de madurez, pH, humedad, clorofila y coliformes totales al inicio y al finalizar el almacenamiento a los mejores tratamientos. Asimismo se evaluó el color de forma instrumental y la evaluación sensorial en los atributos: color, sabor, textura y apariencia general para encontrar al mejor tratamiento.

3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información

- Técnicas de investigación documental o bibliografía

Fichaje: se empleó para construir el marco teórico y revisión bibliográfica de la tesis.

- Fichas de registro o localización

Bibliográfico

Hemerográfico

USB

- Instrumento de recolección de información

Formatos

Cuaderno de apuntes

- Procesamiento y presentación de los resultados

Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados en la computadora utilizando el programa de acuerdo al diseño de investigación propuesto: Excel 2013, SPSS 22.

3.6. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

3.6.1. Materia prima: Lechuga iceberg.

3.6.2. Materiales

- Fiola 100 y 250 ml
- Tubos de ensayo
- Pipetas 1 y 10 ml
- Vaso precipitado 50 y 100ml
- Probeta graduada 50 y 100 ml
- Matraz 100 y 250 ml
- Gradilla
- Balanza gramera y analítica.

3.6.3. Equipos e instrumentos de control

- Espectrofotómetro
- Cámara frigorífica
- Autoclave
- PH-metro
- Termo-higrómetro
- Selladora
- Vernier digital
- Colorímetro digital CR-400 y accesorios

3.6.4. Insumos y reactivos

- Ácido cítrico
- Carbonato de calcio
- Ácido oxálico
- Acetona 80%
- Peptona
- Hipoclorito de calcio 68%
- Alcohol 96°

3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la figura 1 se muestra la secuencia del procedimiento de la ejecución del presente trabajo de investigación.

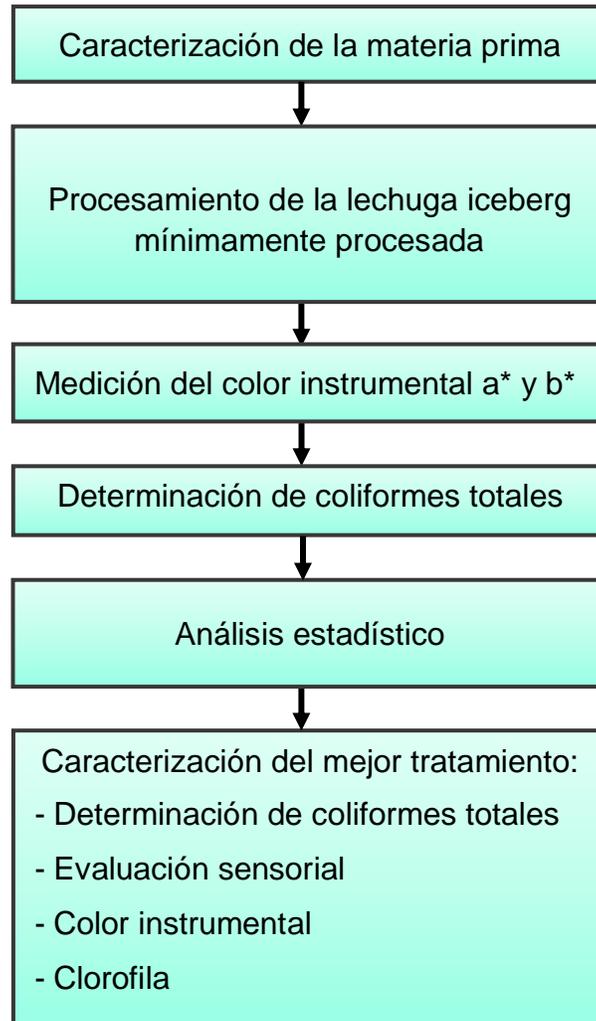


Figura 1. Esquema experimental del trabajo de investigación.

a) Caracterización de la materia prima

El estudio comprendió en evaluar la lechuga iceberg procedente de la localidad de Malconga, en el laboratorio de Procesos Agroindustriales Alimentarios los cuales fueron caracterizados en los siguientes ensayos:

Índice de madurez de la lechuga. Se midió la longitud de la cabeza y del espigón de acuerdo a las recomendaciones de Cantwell y Suslow (2001).

Humedad. Se utilizó el método gravimétrico y el cálculo del porcentaje en agua por la pérdida de peso, debido a la eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas a través del método INEN 518.

pH. Por el método A.O.A.C. (1997).

Color. Medición de coordenadas de color CIEL a^*b^* según Konica (2012).

Clorofila. Determinación del contenido de clorofila a través del método de Arnon (1960) citado por Cynthia (2006).

Estudio del testigo: La lechuga fue deshojada, lavada y empacada en presentación de 250 g, almacenada a $3^\circ \pm 1^\circ\text{C}$ y a HR 90%. En el cual se monitoreo los indicadores del color a^* y b^* en los (0,1, 2, 3 y 4) días.

b) Procesamiento de la lechuga iceberg mínimamente procesada.

En la figura 2, se muestra el diagrama de flujo para el procesamiento de la lechuga iceberg mínimamente procesada, empleado en el trabajo de investigación.

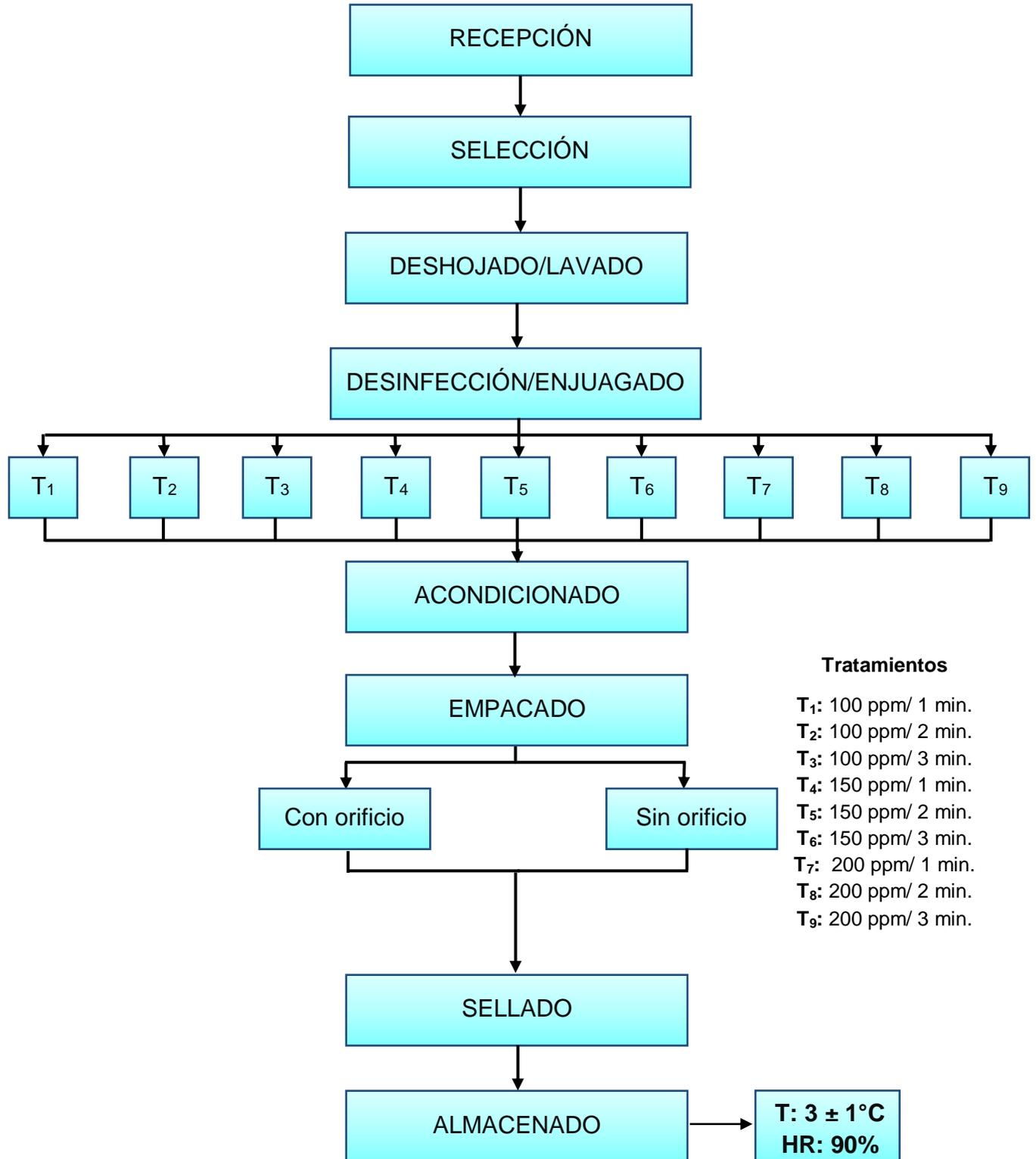


Figura 2. Flujograma para el procesamiento de la lechuga iceberg.

- Recepción

La lechuga iceberg procedente de la localidad de Malconga fue cosechada y trasladada en mallas al laboratorio de Procesos Agroindustriales Alimentarios de la EAP de Ingeniería Agroindustrial.

- Selección

Se descartó los cogollos de lechuga que presentaron magulladuras, síntomas de deterioro y los que tuvieron menor tamaño, lo cual nos permitió tener uniformidad de los cogollos. Estos fueron colocados sobre una mesa de acero inoxidable y rociados con agua para evitar la deshidratación (Gil y Gorny (2009).

- Deshojado y lavado

Se desprendió manualmente las hojas del cogollo eliminando las hojas externas que presentaron golpes y magulladuras. El lavado se realizó con chorros de agua potable a temperatura del medio ambiente, retirando las partículas de tierra y materias extrañas de acuerdo a las recomendaciones (Artés 2008).

- Desinfección y enjuagado

Para el estudio del procesamiento de lechuga de IV gama comprendió, la etapa de la desinfección en las concentraciones de hipoclorito de calcio (100, 150 y 200 ppm) y tiempos de inmersión (1, 2 y 3 min), para llegar a las concentraciones mencionadas se reguló el pH a 6.8 con ácido cítrico, una vez obtenido la solución se procedió a desinfectar los siguientes tratamientos (T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆, T₇, T₈, T₉, T₁₀, T₁₁, T₁₂, T₁₃, T₁₄, T₁₅, T₁₆, T₁₇, y T₁₈), se enjuago y se dejó escurrir el agua (Rico *et al.* 2007).

- Acondicionado

Después de ser retiradas del enjuague, las hojas de lechuga se colocaron sobre coladores para reducir el contenido de agua presente en las hojas, los cuales fueron expuestos sobre una mesa de acero inoxidable.

- Empacado y sellado

Luego se procedió a empacar en bolsas de polietileno de baja densidad con orificio y sin orificio por cada muestra con un peso de 250 gramos, estos fueron colocados sobre bandejas y llevados a la cámara frigorífica (Rico *et al.* 2007).

- Almacenado

Los tratamientos envasados, colocados sobre bandejas fueron trasladados a la cámara frigorífica y almacenadas a una de temperatura $3 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (Alegría *et al.* 2009).

c) Medición del color instrumental a^* y b^*

Se determinó la intensidad del color de lechuga iceberg deshojada, empacada en polietileno de baja densidad con orificio y sin orificio a los 0, 2, 4, 6 y a los 9 días a los mejores tratamientos, almacenado en refrigeración a una temperatura de $3 \pm 1^{\circ}\text{C}$, en el cual se midió la intensidad del color en la parte superior e inferior y en los extremos de la hoja, cada tratamiento se realizó por triplicado.

d) Determinación de coliformes totales

Se determinó el recuento de coliformes totales (ufc/g) en placa petrifilm según el método AOAC 991.14, el cual se realizó a cada uno de los tratamientos después de la desinfección por triplicado, procedimiento que se detalla en el anexo 9.

e) Análisis estadístico

Se realizó el análisis a través del diseño DBCA con arreglo factorial para la intensidad del color CIELAB a^* b^* con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Cuando se observaron diferencias significativas, se realizó el test de Tukey usando el programa estadístico SSPS 22 para determinar al mejor tratamiento.

f) Caracterización del mejor tratamiento

A los tratamientos que fueron almacenados hasta el octavo día, se determinó el recuento de coliformes totales (ufc/g), siendo éste su punto de quiebre en la vida útil con respecto a los otros tratamientos, ya que presentaron síntomas de oxidación por la nervadura central, pardeamiento en las hojas y deshidratación. Asimismo se complementó con la medición del color de forma instrumental, determinación de clorofila al mejor tratamiento y el análisis sensorial a través de un panel de 15 jueces semientrenados, cuya edad promedio fue de 22 años de edad de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, en el que calificaron el grado de aceptabilidad mediante los atributos más relevantes como: apariencia general, color, sabor y textura de acuerdo a la ficha de evaluación sensorial presentada en el anexo 6. El análisis estadístico fue interpretado por la prueba de Friedman.

IV. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA LECHUGA

En el cuadro 7 y anexo 1 se muestra los atributos de calidad de la lechuga iceberg provenientes de la localidad de Malconga. Destacando que con éstas características se viene comercializando para consumo en fresco en la ciudad.

Cuadro 7. Resultado promedio de la caracterización de la lechuga.

Procedencia	Características	Resultados
Malconga	Peso (g)	380.00
	Longitud (mm)	110.60
	Diámetro ecuatorial (mm)	134.90
	Índice de madurez (%)	42.40
	Sólidos solubles (°Brix)	0.30
	pH	6.60
	Humedad (%)	94.34
	Clorofila (mg/g)	0.11
	Color	
	L*	74.56
	a*	-7.89
	b*	30.00
	C*	31.20
h*	105.45	

Como se puede observar en el cuadro 7 la lechuga iceberg presentó un peso de 380 gramos y un índice de madurez de 42.4 %, la misma que se encuentra dentro de las exigencias requeridas para exportación. Con una humedad de 94.34% de agua y un pH de 6.6.

4.2. EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO Y TIEMPO EN LA CONSERVACIÓN DE LA LECHUGA ICEBERG ALMACENADA EN REFRIGERACION

Realizado el análisis de variancia (anexo 2), a los indicadores del color de la lechuga iceberg (*Lactuca sativa L.*) determinados en el estudio, se encontró que durante los días de almacenamiento (0, 2 y 4) no registraron diferencias significativas en los indicadores del color a^* y b^* , asociados al efecto de la concentración, tiempo de inmersión y envasado; sin embargo, al sexto día de análisis, se evidenció diferencias significativas atribuidas a los niveles del factor concentración, nivel de la interacción de los factores A x B (concentración x tiempo) y a los tratamientos para el indicador a^* de color.

4.2.1. Controles del testigo

En el (anexo 2) se reportan los resultados promedios del color en base a los indicadores a^* y b^* , en el día 0 se observa los indicadores $a^* = -6.0$ y $b^* = 17.0$, produciéndose un descenso hasta día 4 $a^* = +1.0$ y $b^* = 25.7$. Del mismo modo se evidenció la presencia de oxidación, marchites y pérdida de turgencia, siendo éste el punto de quiebre en la vida útil de la muestra testigo.

4.2.2. Efecto de los niveles del factor concentración

En el cuadro 9 se presenta los resultados del efecto del factor concentración de hipoclorito de calcio en el contenido del indicador a^* en el color. Se aprecia que existen diferencias significativas entre los niveles del factor concentración. Siendo a_1 (100 ppm) con -0.8% el que ocupa el primer lugar con menor coloración verde, seguido de a_2 (150 ppm) con -2.5% y finalmente a_3 (200 ppm) con -2.6% del indicador a^* del color verde.

Cuadro 9. Prueba de Tukey para el efecto del factor concentración del indicador a* en el color.

Niveles de A (Concentración de Ca(ClO)₂)	Medias (%)	Significancia ($\alpha = 5\%$)
a ₁	-0.8	a
a ₂	-2.5	b
a ₃	-2.6	b

4.2.3. Efecto de interacción de los niveles del factor concentración en cada uno de los niveles del tiempo

En el cuadro 10 se aprecian diferencias estadísticas en las concentraciones de hipoclorito de calcio en cada nivel de tiempo de inmersión. De los resultados obtenidos el indicador a* presentó un valor de +0.1% el cual fue el menor de los reportados, y corresponde a la interacción de 200 ppm de hipoclorito de calcio y 1 min. de tiempo de inmersión.

Cuadro 10. Prueba de Tukey para el efecto simple de concentración de Ca(ClO)₂ en cada nivel de tiempo de inmersión del indicador a* en el color.

Niveles de A (Concentración de Ca(ClO)₂)	Medias (%)	Significancia ($\alpha = 5\%$)
Efectos simples de A en b ₁		
a ₃ b ₁	+0.1	a
a ₁ b ₁	-1.9	b
a ₂ b ₁	-3.0	b
Efectos simples de A en b ₂		
a ₃ b ₂	-1.4	a
a ₂ b ₂	-2.2	a
a ₁ b ₂	-2.4	a
Efectos simples de A en b ₃		
a ₃ b ₃	-1.1	a
a ₂ b ₃	-2.3	a b
a ₁ b ₃	-3.7	b

4.2.4. Efecto de los niveles del factor tiempo de inmersión

Para el efecto de los niveles del factor tiempo de inmersión, la prueba de significación de Tukey, en el cuadro 11 se puede observar que el porcentaje del indicador a* en color, con los niveles del factor tiempo de inmersión b₁ (1 min.), b₂ (2 min.) y b₃ (3 min.) no presentaron diferencias significativas.

Cuadro 11. Prueba de Tukey para el efecto del factor tiempo de inmersión del indicador a* en color.

Niveles de B (Tiempo de inmersión)	Medias (%)	Significancia ($\alpha = 5\%$)
b ₁	-1.6	a
b ₂	-1.9	a
b ₃	-2.3	a

4.2.5. Efecto de interacción de los niveles del factor tiempo de inmersión en cada uno de los niveles de concentración

Analizando los resultados del cuadro 12, se observa diferencias estadísticas en los niveles del factor tiempo de inmersión en cada nivel, del factor concentración de hipoclorito de calcio; de los resultados obtenidos de la interacción (a₃ b₁) con 200 ppm de concentración y 1 min. de tiempo de inmersión, el valor de +0.1 del indicador a* en el color fue el menor reportado y corresponde al tratamiento T₇.

Cuadro 12. Prueba de Tukey para el efecto simple de tiempo de inmersión en cada nivel de la concentración de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ en el indicador a^* en el color.

Niveles de B (Tiempo de inmersión)	Medias (%)	Significancia ($\alpha = 5\%$)
Efectos simples de B en a1		
a ₁ b ₁	-1.9	a
a ₁ b ₂	-2.4	a b
a ₁ b ₃	-3.7	b
Efectos simples de B en a2		
a ₂ b ₂	-2.2	a
a ₂ b ₃	-2.3	a
a ₂ b ₁	-3.0	a
Efectos simples de B en a3		
a ₃ b ₁	+0.1	a
a ₃ b ₃	-1.1	a
a ₃ b ₂	-1.4	a

4.2.6. Efectos generales de los tratamientos en el contenido del indicador a^* en el color

En el cuadro 13 se observan diferencias estadísticas entre tratamientos, destacando los tratamientos T₇, T₉, T₈, T₁ y T₅ que en promedio reportaron los porcentajes más bajos del indicador a^* (+0.1, -1.1, -1.4, -1.9 y -2.1%) respectivamente, diferenciándose estadísticamente de los otros tratamientos, el segundo grupo conformado por los tratamientos T₆, T₂ y T₄ no hay diferencias significativas, ocupan el segundo lugar con (-2.3, -2.4, -3.0%); finalmente el T₃ con -3.7% del estudio de investigación posee el mayor porcentaje del indicador a^* del color.

Cuadro 13. Contenido del indicador a* en el color por tratamientos.

Tratamiento (A x B)	Interacción	Medias (%)	Significancia ($\alpha = 5\%$)
T ₇	a ₁ b ₁	+0.1	a
T ₉	a ₁ b ₂	-1.1	a b
T ₈	a ₁ b ₃	-1.4	a b
T ₁	a ₂ b ₁	-1.9	a b c
T ₅	a ₂ b ₂	-2.1	a b c
T ₆	a ₂ b ₃	-2.3	b c
T ₂	a ₃ b ₁	-2.4	b c
T ₄	a ₃ b ₂	-3.0	b c
T ₃	a ₃ b ₃	-3.7	c

A: Concentración de hipoclorito de calcio; B: tiempo de inmersión

4.2.7. Análisis microbiológico

En el cuadro 14 se aprecian los resultados de las evaluaciones microbiológicas realizadas a los tratamientos después de la inmersión, encontrando a los tratamientos: T₆, T₈ y T₉ que presentan ausencia de coliformes totales, en el caso de los tratamientos T₅ y T₇ reportan presencia de coliformes totales pero dentro de los límites que establece la norma y la diferencia de tratamientos revelaron valores fuera de los límites permisibles.

Cuadro 14. Recuento microbiológico de coliformes totales en la lechuga almacenada en refrigeración.

Empaque	Día 0								
	Coliformes totales (ufc/g)								
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
Con orificio	1700	500	400	140	25	<10	17	<10	<10
Sin orificio	1700	500	400	140	25	<10	17	<10	<10

4.3. INFLUENCIA DEL EMPAQUE DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD 2.5 MM DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN

En la figura 3 y 4 se observa que la variación del indicador a^* del color de la lechuga almacenada en refrigeración está influenciado por el tiempo de almacenamiento y el empaque, presentando una tendencia que disminuye conforme avanza el tiempo. Inicialmente, presentaron valores promedios que fluctúan desde -4 a -6, al segundo día de almacenamiento los tratamientos de ambas presentaciones disminuyen, al cuarto día aumentan ligeramente y al sexto día vuelven a decaer, encontrándose valores próximos a +1 apreciando la pérdida del color verde de las hojas de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.

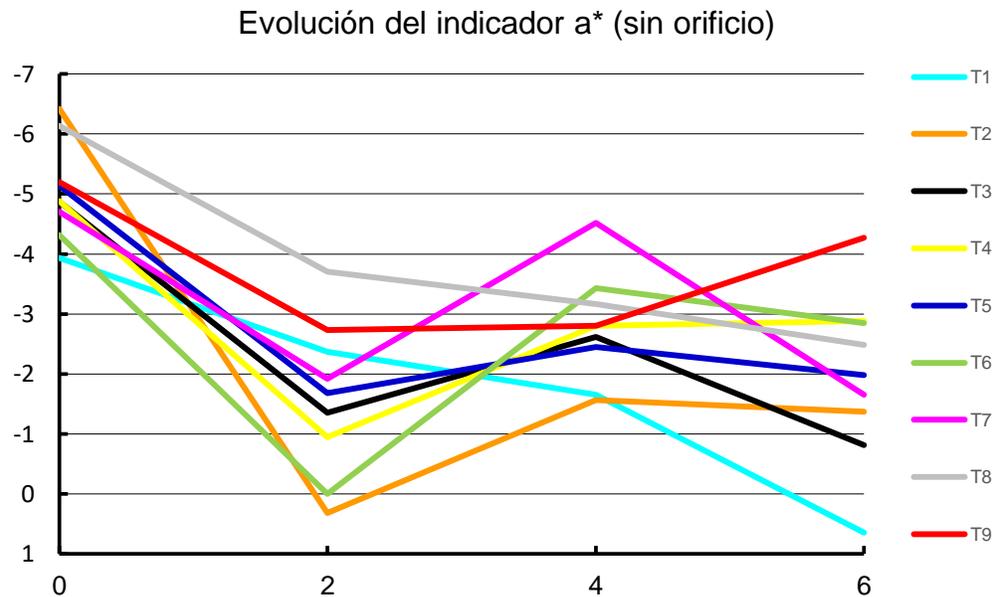


Figura 3. Evaluación del indicador a^* del color de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración en empaque de polietileno sin orificio.

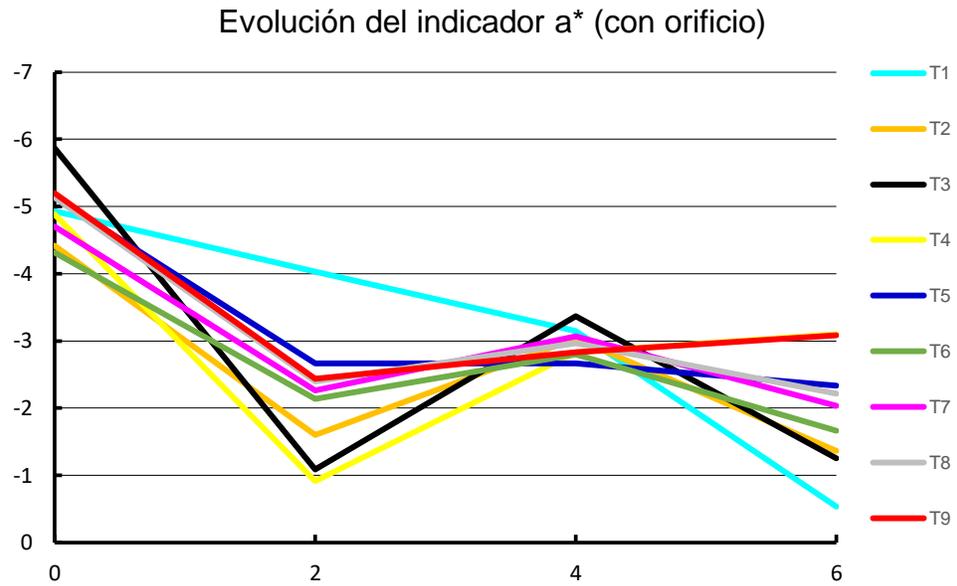


Figura 4. Evolución del indicador a^* del color de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración en empaque de polietileno con orificio.

Como se puede apreciar en la figura 5 y 6, el comportamiento del indicador b^* del color de la lechuga varía durante el tiempo de almacenamiento, generando un descenso entre los días 0 y 2 en ambas presentaciones, al cuarto y sexto día se genera un aumento progresivo llegando a valores cercanos a los iniciales, en la presentación sin orificio, mientras que la otra presentación decae.

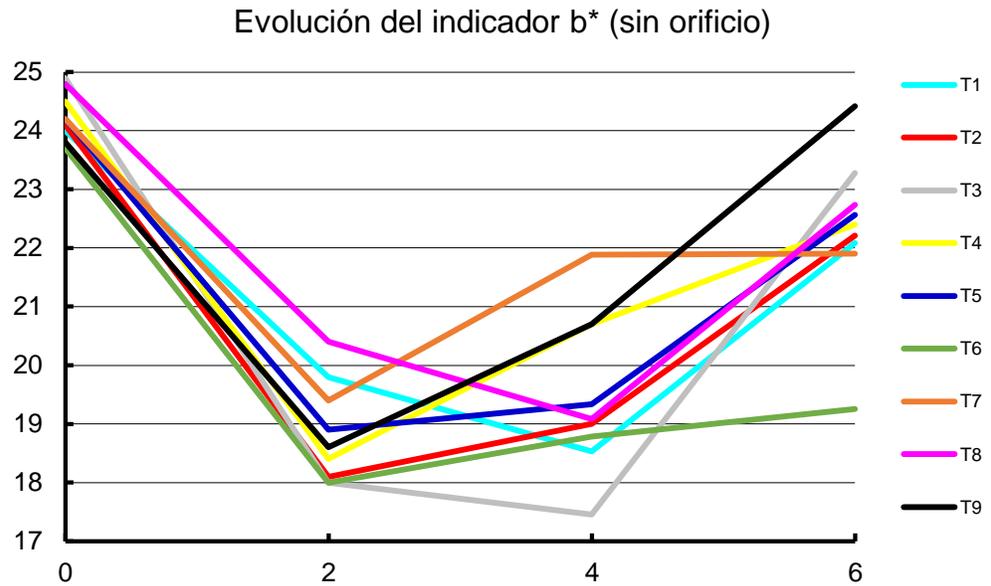


Figura 5. Evolución del indicador b* en el color de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración en empaque de polietileno sin orificio.

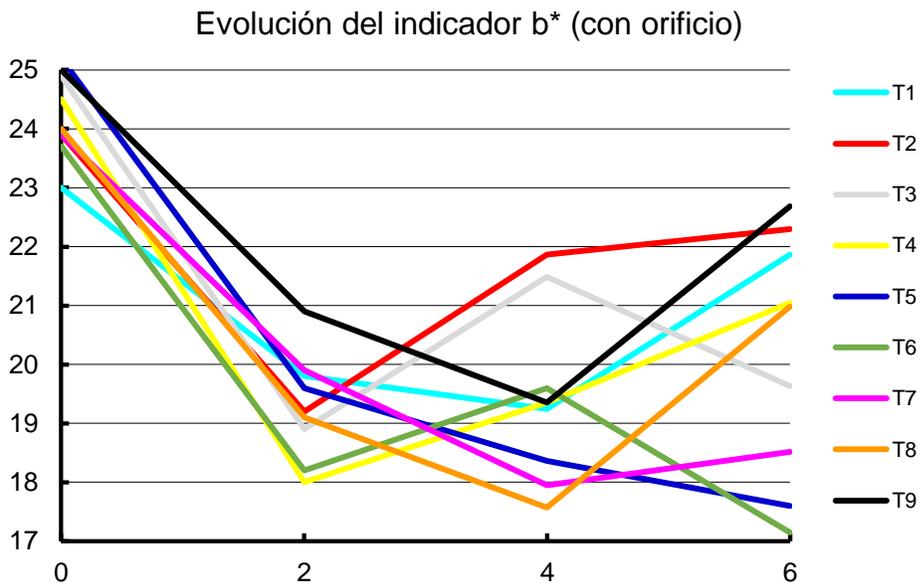


Figura 6. Evolución del indicador b* en el color de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración en empaque de polietileno con orificio.

4.4. CARACTERIZACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO

De acuerdo a los estudios realizados se realizó una preselección para caracterizar el mejor tratamiento.

4.4.1. Análisis microbiológico

En el cuadro 15 se muestra los resultados del análisis microbiológico realizado a los mejores tratamientos, encontrándose con ausencia de coliformes totales al tratamiento T₆ (150 ppm: 3 min.), con presencia dentro de las exigencias de la norma los tratamientos T₂, T₃, T₄ y T₅; y no cumpliendo con los límites que establece la norma el tratamiento T₁.

Cuadro 15. Recuento de coliformes totales en la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.

Empaque	8 días de almacenamiento					
	Coliformes totales (ufc/g)					
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Sin orificio	2558	25	25	17	8	<10

4.4.2. Evaluación sensorial

En el cuadro 16 se muestra los resultados promedios de la evaluación sensorial por cada atributo de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración, los cuales solo fueron evaluados en los tratamientos que se encontraron dentro de los límites que establece la norma después de realizarse el análisis microbiológico. Los tratamientos que destacaron durante el almacenamiento fueron T₂, T₃, T₄, T₅ y T₆, que no presentaron diferencias estadísticas con respecto a los atributos (apariencia general, color, sabor y textura) y obtuvieron un calificativo de “me gusta moderadamente”.

Cuadro 16. Resultados promedios de la evaluación sensorial por atributo.

Tratamientos	Apariencia general	Color	Sabor	Textura
T ₂	4.20 ^a	3.23 ^a	4.13 ^a	3.47 ^a
T ₃	3.87 ^a	4.50 ^a	3.70 ^a	3.43 ^a
T ₄	2.90 ^a	3.03 ^a	3.13 ^a	3.77 ^a
T ₅	3.20 ^a	3.23 ^a	2.67 ^a	2.93 ^a
T ₆	3.27 ^a	3.37 ^a	3.40 ^a	3.70 ^a

4.4.3. Intensidad del color

En el cuadro 17 se muestra los resultados promedios de los indicadores del color de la lechuga iceberg, obtenidos al cabo de 9 días de almacenamiento en refrigeración, destacando al T₆ (150 ppm: 3min.) con mayor valor de los indicadores a* (-3.8) y b* (22.1), el tratamiento T₂ obtuvo menor valor de los indicadores a* (-2.6) y b* (20.3).

Cuadro 17. Resultados promedios del color de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración.

Indicadores	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
L	68.4	66.4	69.8	68.4	67.8
a*	-2.6	-3.2	-3.6	-3.3	-3.8
b*	20.3	20.4	20.7	20.5	22.1
c	20.5	19.3	23.8	20.8	24.0
h	96.8	99.6	100.8	99.0	96.9

Asimismo se determinó el contenido de clorofila al mejor tratamiento "T₆" (150 ppm/ 3 min.) que presentó ausencia de colifomes totales, registrando una concentración de clorofila 0.05 mg/g, la que se correlacionó con las coordenadas de color.

V. DISCUSIÓN

5.1. DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA LECHUGA

Del cuadro 7 se observa las medidas biométricas de peso, longitud y diámetro ecuatorial, la cual se encuentran dentro de los valores obtenidos por Falguera *et al.* (2011) peso (350 – 600 g), longitud (100 – 140 mm) y diámetro ecuatorial de (120 – 150 mm).

Respecto al índice de madurez registró 42,4%, atributo que se encuentra dentro de los límites de aceptación por Falguera *et al.* (2011) que encontraron en un rango de 40.2 – 48.1%. Al respecto (Castillo *et al.* 2010) mencionan que los índices para determinar la madurez hortícola son muy variados, pero en general, los indicadores en cabezas de lechugas son: tamaño, longitud, diámetro, firmeza y densidad. Para los productores de lechuga mínimamente procesada, la lechuga debe presentar su madurez óptima puesto que la eficacia se ve reducida si el peso de la cabeza es menor que el mínimo tolerado. Sin embargo cuando el peso de la cabeza excede de los valores máximos establecidos la lechuga es rechazada debido a la excesiva dureza y sabor amargo de las hojas. Además, cuando la compacidad es elevada, la calidad del proceso disminuye debido al gran tamaño de las piezas y a la dificultad para separar las hojas (Maroto *et al.* 2009).

En relación a los sólidos solubles y pH se reportó un valor de 0.3 y 6.6, valores cercanos a los estudios de Falguera *et al.* (2011).

En cuanto a la humedad se obtuvo un valor de 94.34% valores cercanos a los estudios de Dupont *et al.* (2009) composición química de la lechuga iceberg.

Respecto al contenido de clorofila se obtuvo un valor de 0.11 mg/g valor próximo a los reportes de Coronel *et al.* (2010).

En cuanto al atributo de color instrumental se obtuvo un valor de luminosidad L= 74,56 y las coordenadas de cromaticidad a*= -7,89 y b*= 30,00, datos cercanos a los estudios de Catañer *et al.* (2006) que

reportaron valores de la lechuga iceberg de IV gama $L= 72.48$, $a^*= -4.37$ y $b^*= 26.06$. Al respecto Escalona (2007) reportó $L= 54.09$, $a^*= -14.31$ y $b^*= 28.97$ para una lechuga deshojada variedad costina, variaciones que difieren de acuerdo a la variedad.

5.2. DE LA EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO Y TIEMPO EN LA CONSERVACIÓN DE LA LECHUGA ICEBERG ALMACENADA EN REFRIGERACION

Del análisis de varianza (anexo 2) los resultados del indicador a^* y b^* del color de la lechuga durante los días de almacenamiento (0, 2 y 4) no presentaron diferencias significativas, asociados al efecto de la concentración de hipoclorito de calcio, tiempo de inmersión y envase. Sin embargo al sexto día de análisis se evidenció diferencias significativas del indicador a^* del color atribuidas al factor concentración. Al respecto Rico *et al.* (2007) afirman que la concentración del hipoclorito de calcio así como el empaque no influye en la variabilidad del color de la lechuga de IV gama, por lo que la principal función del empaque es mantener la cadena de frío y prolongar su vida útil, lo cual hace que sea aceptado por el consumidor. El empacado de vegetales y frutas juega principalmente un papel sanitario y en cambio su conservación lo hace de una forma apenas apreciable. Mientras que el hipoclorito de calcio actúa como un desinfectante que contribuye a reducir la carga microbiana a niveles aceptables.

Se puede observar en el cuadro 8 y 10 que a mayor concentración y tiempo de inmersión mantienen mejor el color verde de las hojas de la lechuga. Al respecto (Aguayo *et al.* 2007) mencionan que el calcio ayuda a mantener la textura y el color de las hojas conservando la calidad del producto. Cuando el hipoclorito de calcio entra en contacto con el agua surge una reacción produciendo moléculas de ion hipocloroso que actúa como un desinfectante y calcio como un mejorador de la textura y retiene la pigmentación del color (AWWA 2006).

Los aspectos que los consumidores aprecian de la lechuga son básicamente el color verde sin decoloraciones ni amarronamiento y la ausencia de marchitamientos. El color es particularmente importante debido a que es la primera característica que los potenciales consumidores registran (Morris *et al.* 2007).

En tanto, el factor más importante que determina la calidad postcosecha de la lechuga es la temperatura de almacenamiento, ya que esta afecta la actividad enzimática, deshidratación y ritmo respiratorio del producto. El enfriamiento ayuda a mantener atributos sensoriales de la lechuga tales como apariencia, sabor, color y textura por periodos más prolongados (Namesny 2000).

Del cuadro 14 los resultados de los análisis microbiológicos de la lechuga almacenada en refrigeración, registraron a los tratamientos T₆, T₈ y T₉ con valores <10 ufc/g de coliformes totales, el tratamiento T₅ con 25 ufc/g y el T₇ con 17 ufc/g; los cuales se encuentran dentro de la especificación de la norma “requisitos microbiológicos para frutas y hortalizas frescas semiprocadas” siendo como máximo de 10² ufc/g (ICMSF 2008). Cabe destacar que a mayor concentración de hipoclorito de calcio y mayor tiempo de inmersión de la lechuga será más eficiente el proceso de la desinfección; mientras que los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ poseen valores fuera de los límites que establece la norma, ya que la concentración del hipoclorito de calcio y el tiempo de exposición fue menor.

5.3. DE LA INFLUENCIA DEL EMPAQUE DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD 2.5 MM DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN

Durante el tiempo de almacenamiento se observó un descenso del indicador a* y b* del color en ambos tipos de empaque como se visualiza en la figura 3, 4, 5 y 6. Al respecto Adrián *et al.* (2008) mencionan que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento del producto

refrigerado la intensidad de los indicadores a^* y b^* disminuyen, resultados que guardan relación con la investigación.

Con esto resaltamos, que también influyen las características climáticas, debido a que no a todas las muestras se le distribuye uniformemente la temperatura, heladas y otros factores. Así mismo (Ilker *et al.* 2007) menciona que el cambio del color de la lechuga de IV gama se produce debido al corte y deshojado ya que la herida producida y la superficie del producto es expuesta al aire y al posible daño comenzando a ser vulnerable a la deshidratación o al cambio en la coloración, éstos últimos iniciados en la zona de corte se deberían principalmente al pardeamiento enzimático o a la pérdida de clorofila. El verde brillante de los vegetales frescos asociado a la clorofila puede ser afectado por el envejecimiento, pH, calor, oxidación, acción enzimática y procesos fermentativos. (Coronel *et al.* 2010).

La retención del color en los productos mínimamente procesados es el principal factor sensorial considerado por los consumidores, y uno de los que más limitan la vida postcosecha de los productos de IV gama. Los responsables del color verde en las hojas son las clorofilas a y b (Artes *et al.* 2010). El color es particularmente importante debido a que es la primera característica que los potenciales consumidores registran (Namesny 2000).

5.4. DE LA CARACTERIZACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO

Al octavo día de almacenamiento se evidenció que los tratamientos envasados en el empaque con orificio presentaron síntomas de oxidación, en la nervadura central, amarronamiento y deshidratación de las hojas, los cuales se descartaron debido a que perdieron su color inicial. Al respecto Cristián (2011) mencionan que los productos frescos troceados en general sufren pérdida de la estructura celular durante las operaciones de corte, el cual permite interactuar a la polifenol oxidasa con compuestos fenólicos

oxidables presentes naturalmente en el producto, causando oscurecimiento de las superficies cortadas.

Juan (2010) el tejido de la lechuga más susceptible al pardeamiento enzimático es la nervadura central de la hoja. Este pardeamiento es el principal problema que aparece al efectuar el mínimo proceso y posterior almacenaje.

Los tratamientos T₇, T₈ y T₉ sin orificio también fueron descartados debido a que desarrollaron un color rojizo en las hojas, esto es debido a las altas concentraciones de hipoclorito de calcio que fueron expuestas las hojas de la lechuga. Al respecto (Richardson *et al.* 2002) afirman que las altas concentraciones de hipoclorito de calcio producen quemaduras y el desarrollo del color rojizo en las nervaduras de las hojas. Los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ y T₆ sin orificio mantuvieron su color inicial durante el tiempo de almacenamiento, esto es debido a la modificación de la atmósfera dentro de los envases sellados que mejora la retención de humedad, siempre cercana a la saturación, el cual ayuda de manera importante en la conservación del producto, probablemente en mayor medida que los niveles de O₂ y CO₂ Janick (2009).

Los efectos beneficiosos sobre el mantenimiento de la calidad del producto radican en la reducción del contenido de O₂ y/o elevación del CO₂ en el interior del envase que trae como consecuencia una reducción del metabolismo atrasando de este modo, la entrada del vegetal vivo en la fase de senescencia (Artes 2000).

Para la caracterización del mejor tratamiento se realizó la determinación de coliformes totales cuyos resultados se muestran en el cuadro 14, realizado a los tratamientos que presentaron mejor la conservación del color de la lechuga al 8vo día. El tratamiento (T₆) reportó ausencia de coliformes, mientras que los tratamientos T₂, T₃, T₄ y T₅ registró presencia de coliformes totales (ufc/g) atribuido a la presencia residual del hipoclorito de calcio, dentro de los límites que establece la norma RSA Chile (2010).

Realizado el análisis microbiológico de la lechuga iceberg almacenada en refrigeración, asegura la calidad sanitaria, de la misma manera no se evidencia diferencias significativas entre tratamientos con respecto a la apariencia general, color, sabor y textura en el análisis sensorial, obteniendo un calificativo “me gusta moderadamente”, el cual concuerda con los resultados obtenidos por (Artes 2000).

Los resultados promedios de los indicadores del color se muestran en el cuadro 17, donde se obtuvieron valores cercanos a los valores iniciales. Los indicadores a^* y b^* disminuyeron durante el tiempo de almacenamiento, esto es debido a la pérdida de la clorofila que descendió de 0.11 a 0.05 mg/g.

A través de la caracterización del mejor tratamiento la concentración de 150 ppm y 3 minutos, el tratamiento (T_6) conservó la lechuga manteniendo la turgencia, firmeza y retención del color por 9 días. Mientras que la muestra testigo solo se conservó por 4 días, presentando marchites, oxidación y pérdida de la turgencia, resultando ser el punto de quiebre en su vida útil.

Al respecto (Aguayo *et al.* 2007) mencionan que el calcio ayuda a mantener la textura y el color de las hojas conservando la calidad del producto. Cuando el hipoclorito de calcio entra en contacto con el agua surge una reacción produciendo moléculas de ion hipocloroso que actúa como un desinfectante y calcio como un mejorador de la textura y retiene la pigmentación del color (AWWA 2006).

VI. CONCLUSIONES

- La concentración de hipoclorito de calcio de 150 ppm y tiempo de 3 minutos conserva la lechuga iceberg almacenada en refrigeración por 9 días, manteniendo su color característico, con respecto a los demás tratamientos estudiados, el cual presentó <10 ufc/g de coliformes totales; mientras que la muestra testigo a los 4 días, presentó síntomas de marchites, oxidación y pérdida de la turgencia.
- El empaque de polietileno de 2.5 mm en la presentación sin orificio conserva la lechuga almacenada en refrigeración durante 9 días de almacenamiento a $3 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Mientras que el empaque con orificio solo permitió conservarlo por 6 días, el cual presentó deshidratación y pardeamiento del nervio central.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar las desinfecciones en lechuga iceberg en concentración de 150 ppm por 3 minutos, en empaque de polietileno de baja densidad de 2.5 mm sin orificio, ya que lo conserva por 9 días en temperaturas de refrigeración de $3 \pm 1^{\circ}\text{C}$. con una HR de 90 %.
- Realizar la conservación de la lechuga con otras variedades, tipos de desinfectantes y empaques.
- Evaluar los agentes microbianos como: Aerobios mesófilos, *Salmonella* sp, *S.aureus*, etc.
- Caracterizar la lechuga procedente de diferentes pisos altitudinales y zonas de producción de la región de Huánuco.

VIII. LITERATURA CITADA

- Adrián, L. Diana, F. Ángel, C. 2008. Evolución del color en lechuga (*Lactuca sativa* L.) mantecosa mínimamente procesada: efecto del troceado y la inmersión en cloruro de calcio. Cátedra de Horticultura, Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina.
- Afhorfes, 2013. Procesamiento de productos de la IV Gama para la comercialización en mercados europeos. Revista Vol. 13.
- Aguayo, E; Artés H, F.; Gómez, P. y Artés, F. 2009. Productos vegetales mínimamente procesados o de la cuarta gama. Horticultura Internacional. ISSN 1134 - 4881, N° 69, pág. 52 - 57.
- Alegria, C., Pinheiro, J., Gonçalves, E.M., Fernandes, I., Moldao, M., Abreu, M., 2009. Quality attributes of shredded carrot (*Daucuscarota* L. Cv. Nantes) as affected by alternative decontamination processes to chlorine. Innovative Food Science and Emerging Technologies, pág. 61 - 69.
- Almodóvar, W. I. 2001. Enfermedades de la lechuga. Especialista en Fitopatología, Clínica de Planta - Puerto Rico.
- Álvarez, N., R. Guzmán y A. Galvis. 1993. Conservación de guanábana utilizando cloruro de calcio. Tesis de la Facultad de Ciencias, Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, pág. 60.
- Ana, B. y Haydeé, E. 2009. Evaluación de tres tipos de empaques en la conservación de las características de calidad de la lechuga (*Lactuca sativa* L), durante el almacenamiento. Tesis de la facultad de ingeniería Química de la Universidad del Salvador.
- Artés, F. 2000. Productos vegetales procesados en fresco: Aplicación del frío a los alimentos. Editorial: Mundi Prensa. Cap. 5, pág. 127-141.
- Artés, F. y A. Allende. 2008. Consumidor, enfoque orientado para mantener la calidad de mínimamente fresca procesada vegetables. Acta horticultura 682.
- AWWA. 2006. Asociación - EPA químico de fabricantes. dióxido de cloro; el agua potable pública. Denver, pág. 15 - 43.

- Bangerth, Dilley y Dewey. 1972. Effect of postharvest calcium treatment on internal breakdown and respiration of apple fruits. Jour. Amer. Sci. Hort. Sci., pág. 679 - 682.
- Berger, H. 2008. Calidad, normalización e inspección en: Manejo postcosecha de frutas y verduras en Iberoamérica. Báez, R. (ed.), Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED-RITEP), Hermosillo, Sonora, México, pág. 77 - 82.
- Cantor E., JC Mendoza, 2012. Efecto de herir en enzimas fenólicas en seis cultivares de lechuga mínimamente procesada durante el almacenamiento". J. Agric. Food Chem, pág. 322-330.
- Cappozzi, V.; Fiocco, D.; Amodio, M. L.; Gallone, A. and Spano, G. 2009. "Bacterial stressors in minimally processed food". Int J. Mol.
- Castañer, M., Gil, M.I., Artés, F., Tomás, B. 2006. Inhibition of browning of harvested head lettuce. Journal of Food Science 61 (2): pág. 314 - 316.
- Castillo S., Navarro D., Zapata P. J., Guillén F., Valero D., Serrano M., Martínez, R. 2010. Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its used as preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. Postharvest Biology and Technology, pág. 183 - 188.
- Chávez, G. 2003. Diseño de un clorinador eléctrico para la producción de agua electrolizada oxidadora y su utilización en la destrucción de microorganismos presentes en Lechuga (*Lactuca sativa*). Tesis de Pregrado. Carrera de Microbiología Industrial. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D: C., Colombia, pág. 6 - 11.
- Coronel, M. Chang, A. Rodríguez, D. 2010. "Actividad de la nitrato reductasa y contenido de clorofila en lechuga cultivada hidropónica y orgánicamente UNALAM - Red Hidroponía, Boletín No 48. Lima - Perú.
- Cristián, C. 2011. Evaluación de los factores que influyen en la durabilidad de la lechuga (*Lactuca sativa*) como producto de IV gama. Tesis para optar el grado licenciado en Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, pág. 63.
- Davis, M., Subbarao, K., Raid, R., Kurtz, E. 2009. Plagas y enfermedades de la lechuga. Ediciones Mundi. Madrid, España. pág. 1 - 24.

- Dupont, M.S., Mondin, Z., Williamson, G., Price, K.R., 2009. Effect of variety, processing, and storage on the flavonoid glycoside content and composition of lettuce and endive. *J. Agric. Food Chem*, pág. 48.
- Escalona, V. 2007. *Atmósfera modificada y uso de ácido ascórbico en lechugas (Lactuca sativa L.), zanahorias (Daucus carota L.) y cebollas (Allium cepa L.) de IV Gama*. Memoria Ing. Agr. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile, pág. 111.
- Falguera V., Quintero. P., Jiménez A., Muñoz J. A., Ibarz A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active function and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, pág. 292 - 303.
- FDA 2001. Administración de alimentos y medicamentos. El análisis y la evaluación de medidas preventivas de desinfección del agua para el control, reducción y eliminación de peligros microbianos en el producto fresco del corte y fresco, pág. 135
- Galvis, J.A. Y Ramírez A. 1993. Estudio del comportamiento del lulo (*Solanum quitoense. Lam*), durante el almacenamiento, utilizando cloruro de calcio (CaCl_2) a temperatura ambiente. Convenio SENA – ICTA - Universidad Nacional. Memorias del I Congreso de Fruticultura de Clima Frio. Villa de Leyva, pág. 55 - 60.
- Galvis. V. A y Hernández G. M. 2004. Influencia del cloruro de calcio en la conservación del mango (*mangifera indica* l.) variedad tommy atkins. *Agronomía colombiana*, 2004, Volumen XI No. 1; pág. 68 – 72.
- Gil, M., Gorny, J. 2009. Guía de seguridad alimentaria para la industria de productos vegetales frescos cortados. España. Cuarta Edición, pág. 97 - 107.
- Gil, M., Selma, M., López-Gálvez, F., Allende, A. 2009. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: problems and solutions. *International Journal of Food Microbiology*, pág. 37 – 45.
- Gladys, T. 2009. Efecto de antiparadeantes sobre cuatro tipos de lechuga (*Lactuca sativa*) sometidas a mínimo proceso. Tesis de la escuela de Agronomía de la Universidad de Chile.

- ICMSF (2008): Comisión internacional de especificaciones microbiológicas para los alimentos. Ecología microbiana de los alimentos. Parte 1, Editorial Acribia, España, pág. 97.
- Ilker, Y., Kader, A.A., Ilker, R., Morris, L.L. 2007. Anatomy of lettuce tissue affected by three physiological disorders. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, pág. 426 - 428.
- Janick, J. 2009. *Horticultural Reviews* (vol. 1), Janick, J. (ed.), Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, EE.UU.
- Juan, L. 2010. Optimización del envasado en atmósfera modificada de la lechuga iceberg. Tesis doctoral en la Universidad de Murcia - España.
- Kornacki J.L. & Johnson J.L. 2001. Enterobacteriaceae, Coliforms, and Escherichia coli as Quality and Safety Indicators. In: *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4th ed. Downs F.P. & Ito K. (Eds.) APHA. Washington. pág. 69 - 82.
- Leja, M. 1995. Effect of mechanical damage of greenhouse lettuce on some biochemical processes occurring in it during storage. *Folia Horticulturae*, pág. 75 - 89.
- Lipton, W. J., Stewart, J. K., Whitaker, T. W. 2002. Una guía ilustrada a la Identificación de algunos trastornos de mercado de lechuga, Marketing N° 950. Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de EE.UU., Beltsville, Md.
- Lipton, WJ 2009. Influencia de la temperatura máxima del aire durante el crecimiento en el aparición de manchas de color rojizo en la lechuga cabeza. *Actas de la Sociedad Iceberg de Ciencias Hortícolas*.
- Llorach, R., Martínez-Sánchez, A., Tomás-Barberán, F.A., Gil, M.I., Ferreres, F., 2008. Characterization of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chem.*
- Maroto, J.V., Gómez, A.M., Baixauli, C. 2000. La Lechuga y la escarola. Patronato de Fundación Caja Rural de Valencia. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pág. 242.

- Martínez, L.Y., 2010. Optimización del envasado en atmósfera modificada de la lechuga iceberg. Universidad de Murcia, pág. 146 - 170.
- Maroto J.V., 1987. El cultivo de la lechuga iceberg en España. Su evolución y principales problemáticas. Agrícola Vergel, febrero, pág. 57 - 62.
- Maroto, J.V., 2000. Botánica (taxonomía y fisiología) y adaptabilidad en: la lechuga escarola. Ed. Mundi Prensa – Caja Rural de Valencia, pág. 26 - 43.
- Maroto B. J. V. 2000. Lechugas y escarolas, principales plagas de las hortalizas, pág. 27- 192.
- Morris, L.L., Klaustermeyer, J. A., Kader, A. A. 2007. Requisitos de postcosecha lechuga para controlar trastornos fisiológicos. In: Actas de la 26a Internacional Conferencia de Manejo Perecederos Agronómicas Productos Básicos. Michigan State Universidad, Michigan, EE.UU.
- Maroto, E. 2009. Lechugas y escarolas, principales plagas de las hortalizas, Madrid España, pág. 16.
- Martínez, J.A., Artés, F. 2009. Effect of packaging treatments and vacuum-cooling on quality of winter harvested Iceberg lettuce. Food Research International.
- Namesny, A. 2000. Lechuga: Post-Recolección de Hortalizas. Vol. 1, Hortaliza de Hoja, Tallo y Flor. Ediciones de Horticultura, S.L., Reus, España, pág. 171 - 194.
- Namesny, A. 2008. Lechuga en Post-Recolección de Hortalizas. Vol. 2, Hortaliza de Hoja, Tallo y Flor. Ediciones de Horticultura, S.L., Reus España, pág. 150 - 161.
- Nancy, M. 2008. Caracterización física, química y funcional de la lechuga rizada (*Lactuca sativa*), para la creación de una norma técnica ecuatoriana, por parte del instituto ecuatoriano de normalización.
- Poovahiah, B. 1989. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Tecninology, pág. 86-89.
- Richardson, S., Thruston, A., Caughran, T., Collete, T., Patterson, K. y Lykins, B. 2002. Los subproductos químicos de cloro y desinfectantes alternativos. La tecnología de los Alimentos para humanos, pág. 27 - 39.

- Rico, D., Martin, A., Barat, J., Ryan, C. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in food science technology*, pág. 373 - 386.
- Rincón S, L. 2005. La fertirrigación de la lechuga Iceberg. Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario, pág. 13 - 17.
- Ryder, E.J. 2005. *Leafy Salad Vegetables*. The Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, EE.UU, pág. 266
- Salunkhe, D, Desai, B, 1996. *Postcosecha Biotecnología de Hortalizas (vol. II)*. Boca Raton, Florida, EE.UU., CRC Press, Inc., pág. 184.
- Salunkhe, D., Bolin, H., Reddy, N. 1997. Pardeamiento enzimático. Es: *Almacenamiento, Procesamiento y Calidad Nutricional de Frutas y Hortalizas (Vol. II)*. *Procesado Frutas y vegetales*. CRC Press, Inc., Boca Ratón, Florida, EE.UU., pág. 249 - 256.
- USDA, NRCS. 2006. *The Plants Database*. National Plant Data Center, Baton Rouge. USA.
- Watada, A., Abe, K., Yamuchi, N. 2004. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology*, pág. 116 - 122.
- Watada, A., Ko, N., Minota, D. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biol. Technol.* pág. 115 – 125.
- Watada, A.E.; Qi, L. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*, v. 15, pág. 201 - 205.
- Winniczuk, P. 2004. Effects of sanitizing compounds on the microflora of orange fruit surfaces and orange juice. Univ. of Florida Graduate School.
- Wills R.B.H. y SLH Timazi. 1979. Effect of calcium and other minerals on ripening of tomatoes. *Jour. Plant.* pág. 221 - 227.

ABREVIATURA

- AOAC: Association of official analytical chemists – Asociación de oficiales de análisis químicos

ANEXOS

ANEXO 1

CARACTERIZACIÓN DE LA LECHUGA ICEBERG

Nº	Peso	Longitud	Diámetro ecuatorial	pH	Sólidos solubles	Longitud del espigón	Humedad
1	340,0	104,3	139,8	6,54	0,2	50,0	94,91
2	404,4	116,4	138,6	6,6	0,3	47,0	93,90
3	365,0	107,7	133,0	6,53	0,2	46,0	94,21
4	390,0	113,3	131,7	6,54	0,2	50,0	94,81
5	370,0	117,7	128,6	6,53	0,3	48,0	93,90
6	360,0	112,4	134,4	6,57	0,4	45,0	94,21
7	406,2	116,7	134,1	6,6	0,2	46,0	94,01
8	380,0	107,9	136,8	6,6	0,4	47,0	93,00
9	390,0	109,1	139,5	6,59	0,3	50,0	94,21
10	395,0	100,3	132,2	6,5	0,3	40,0	94,61
Promedio	380,1	110,6	134,9	6,6	0,3	46,9	94,3

Calculo para la determinación del índice de madurez

$$IM(\%) = \left(\frac{\text{Longitud del espigón}}{\text{longitud de la cabeza}} \right) \times 100$$

$$IM(\%) = \left(\frac{46,9}{110,6} \right) \times 100$$

$$IM(\%) = 42,4$$

Calculo para determinar el contenido de clorofila

$$Cl a = 25.38 (\Delta A_{662}) + 3.64 (\Delta A_{645})$$

$$Cl b = 30.38 (\Delta A_{645}) - 6.58 (\Delta A_{662})$$

$$Cl t = 18.80 (\Delta A_{662}) + 34.02 (\Delta A_{645})$$

$$Cl j = Cl j \text{ (mg/L)} \times 0.250 \text{ (L)} / 3,5 \text{ (g)}$$

MATERIA PRIMA

Absorbancia de la muestra original

Longitud de onda	Absorbancia		Promedio
	A1	A2	
A662	0,084	0,085	0,085
A645	0,038	0,037	0,038

Absorbancia de la muestra convertida

Longitud de onda	Absorbancia		Promedio
	A1	A2	
A662	0,045	0,044	0,045
A645	0,013	0,013	0,013

$$\begin{aligned}
 Cl a &= 25,38 (0,040) + 3,64 (0,025) = 1,10 \text{ mg/l} \\
 Cl b &= 30,38 (0,025) - 6,58 (0,040) = 0,48 \text{ mg/l} \\
 Cl t &= 18,80 (0,040) + 34,02 (0,025) = \mathbf{1,59 \text{ mg/l}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cl a &= 1,10 (0,25) (3,5) = 0,08 \text{ mg/g} \\
 Cl b &= 0,48 (0,25) (3,5) = 0,03 \text{ mg/g} \\
 Cl t &= 1,59 (0,25) (3,5) = \mathbf{0,11 \text{ mg/g}}
 \end{aligned}$$

ANEXO 2

DISEÑO EXPERIMENTAL

Bloque	Factor A	Factor B	Día 0		Día 2		Día 4		Día 6		Tratamiento
			a*	b*	a*	b*	a*	b*	a*	b*	
1	3	1	-3,9	24,0	-2,4	19,8	-1,7	18,5	0,7	25,1	7
1	3	2	-6,4	25,1	0,3	18,1	-1,6	19,0	-1,4	22,2	8
1	3	3	-4,9	24,9	-1,4	15,0	-2,6	17,5	-0,8	28,3	9
2	3	1	-4,9	23,0	-4,0	19,8	-3,2	19,3	-0,5	21,9	7
2	3	2	-4,4	23,9	-1,6	19,2	-3,0	21,9	-1,4	22,3	8
2	3	3	-5,9	24,9	-1,1	16,9	-3,4	21,5	-1,3	19,6	9
1	2	1	-4,9	24,5	-1,0	15,4	-2,8	20,7	-2,9	22,4	4
1	2	2	-5,1	26,2	-1,7	18,9	-2,5	17,3	-2,0	18,6	5
1	2	3	-4,3	23,7	0,0	18,0	-3,4	16,8	-2,9	19,3	6
2	2	1	-4,9	24,5	-0,9	18,0	-2,8	19,4	-3,1	25,1	4
2	2	2	-5,1	25,2	-2,7	17,6	-2,7	18,4	-2,3	17,6	5
2	2	3	-4,3	23,7	-2,1	18,2	-2,8	16,6	-1,7	17,2	6
1	1	1	-4,7	24,2	-1,9	16,4	-4,5	21,9	-1,7	21,9	1
1	1	2	-6,1	25,8	-3,7	20,4	-3,2	19,1	-2,5	22,7	2
1	1	3	-5,2	23,8	-2,7	18,6	-2,8	20,7	-4,3	24,4	3
2	1	1	-4,7	23,9	-2,3	19,9	-3,1	18,0	-2,0	18,5	1
2	1	2	-5,1	24,0	-2,4	16,1	-3,0	17,6	-2,2	26,0	2
2	1	3	-5,2	25,0	-2,4	20,9	-2,8	19,4	-3,1	22,7	3

Bloque: Bolsa de polietileno de baja densidad (1= con orificio; 2= sin orificio).

Factor A: Concentración (1=100ppm; 2=150ppm; 3= 200ppm).

Factor B: Tiempo de inmersión (1= 1min; 2= 2min; 3= 3min).

Control del testigo

Indicadores del color a* y b* de la muestra testigo.

Días	color	
	a*	b*
0	-6.0	17.0
1	-4.0	18.5
2	-1.0	20.2
3	-0.9	22.8
4	+1.0	25.7

Día 0**Análisis de varianza indicador a***

Fuente de variación	gl	SC	CMe	F	Sig.	$\alpha= 0,05$
Bloque	1	0,06	0,06	0,13	0,73	NS
Tratamiento	8	3,36	0,42	0,98	0,51	NS
Factor A	2	0,52	0,26	0,60	0,57	NS
FactorB	2	1,48	0,74	1,72	0,24	NS
Factor A * FactorB	4	1,36	0,34	0,79	0,56	NS
Error experimental	8	3,44	0,43			
Total	17	6,86				

*NS: No existe diferencia significativa.

Análisis de varianza indicador b*

Fuente de variación	gl	SC	CMe	F	Sig.	$\alpha= 0,05$
Bloque	1	0,93	0,93	2,36	0,16	NS
Tratamiento	8	7,20	0,90	2,27	0,13	NS
Factor A	2	0,33	0,17	0,42	0,67	NS
Factor B	2	3,25	1,62	4,10	0,06	NS
Factor A * FactorB	4	3,62	0,90	2,28	0,15	NS
Error experimental	8	3,17	0,40			
Total	17	11,30				

*NS: No existe diferencia significativa.

Día 2**Análisis de varianza indicador a***

Fuente de variación	gl	SC	CMe	F	Sig.	$\alpha= 0,05$
Bloque	1	1,39	1,39	2,05	0,19	NS
Tratamiento	8	14,35	1,79	2,65	0,10	NS
Factor A	2	4,40	2,20	3,25	0,09	NS
Factor B	2	0,71	0,35	0,52	0,61	NS
Factor A * FactorB	4	9,24	2,31	3,41	0,07	NS
Error experimental	8	5,42	0,68			
Total	17	21,16				

*NS: No existe diferencia significativa.

Análisis de varianza indicador b*

Fuente de variación	gl	SC	CMe	F	Sig.	$\alpha= 0,05$
Bloque	1	2,00	2,00	0,71	0,43	NS
Tratamiento	8	24,98	3,12	1,10	0,45	NS
Factor A	2	3,22	1,61	0,57	0,59	NS
Factor B	2	0,62	0,31	0,11	0,90	NS
Factor A * FactorB	4	21,14	5,29	1,87	0,21	NS
Error experimental	8	22,67	2,83			
Total	17	49,65				

*NS: No existe diferencia significativa.

Día 4**Análisis de varianza indicador a***

Fuente de variación	gl	SC	CMe	F	Sig.	$\alpha= 0,05$
Bloque	1	0,161	0,161	0,371	0,559	NS
Tratamiento	8	3,140	0,393	0,906	0,554	NS
Factor A	2	1,290	0,645	1,489	0,282	NS
Factor B	2	0,430	0,215	0,496	0,626	NS
Factor A * FactorB	4	1,420	0,355	0,820	0,547	NS
Error experimental	8	3,464	0,433			
Total	17	6,765				

*NS: No existe diferencia significativa.

Análisis de varianza indicador b*

Fuente de variación	gl	SC	CMe	F	Sig.	$\alpha= 0,05$
Bloque	1	0,020	0,020	0,007	0,936	NS
Tratamiento	8	24,868	3,108	1,056	0,470	NS
Factor A	2	7,194	3,597	1,222	0,344	NS
Factor B	2	2,721	1,361	0,462	0,646	NS
Factor A * FactorB	4	14,952	3,738	1,270	0,357	NS
Error experimental	8	23,550	2,944			
Total	17	48,438				

*NS: No existe diferencia significativa.

Día 6**Análisis de varianza indicador a***

Fuente de variación	gl	SC	CMe	F	Sig.	$\alpha= 0,05$
Bloque	1	0,002	0,002	0,007	0,934	NS
Tratamiento	8	19,620	2,453	8,048	0,004	DS
Factor A	2	12,670	6,335	20,789	0,001	DS
Factor B	2	1,763	0,882	2,893	0,113	NS
Factor A * FactorB	4	5,187	1,297	4,255	0,039	DS
Error experimental	8	2,438	0,305			
Total	17	22,060				

*NS: No existe diferencia significativa.

*DS: Si existe diferencia significativa.

Análisis de varianza indicador b*

Fuente de variación	gl	SC	CMe	F	Sig.	$\alpha= 0,05$
Bloque	1	10,889	10,889	1,705	0,228	NS
Tratamiento	8	99,228	12,403	1,942	0,184	NS
Factor A	2	35,271	17,636	2,761	0,123	NS
Factor B	2	2,568	1,284	0,201	0,822	NS
Factor A * FactorB	4	61,389	15,347	2,403	0,136	NS
Error experimental	8	51,101	6,388			
Total	17	161,218				

*NS: No existe diferencia significativa.

ANEXO 3

COLIFORMES TOTALES (UFC/G) DESPUES DE LA DESINFECCIÓN

Concentración ppm	Tempo min	Dilución	
		10 ⁻²	10 ⁻³
100	1	250	15000
100	1	50	5000
100	1	400	0
100	2	100	0
100	2	50	5000
100	2	200	0
100	3	50	0
100	3	100	5000
100	3	50	0
150	1	300	0
150	1	250	0
150	1	300	0
150	2	0	0
150	2	150	0
150	2	0	0
150	3	0	0
150	3	0	0
150	3	0	0
200	1	50	0
200	1	0	0
200	1	50	0
200	2	0	0
200	2	0	0
200	2	0	0
200	3	0	0
200	3	0	0
200	3	0	0

ANEXO 4

CARACTERIZACIÓN DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS

Coliformes totales (ufc/g) al octavo día (sin orificio)

Concentración ppm	Tiempo min	Dilución	
		10 ⁻²	10 ⁻³
100	1	150	5000
100	1	100	5000
100	1	100	5000
100	2	100	0
100	2	50	0
100	2	0	0
100	3	50	0
100	3	50	0
100	3	50	0
150	1	50	0
150	1	0	0
150	1	50	0
150	2	50	0
150	2	0	0
150	2	0	0
150	3	0	0
150	3	0	0
150	3	0	0

Resultado del análisis sensorial

Nº	Apariencia general					Nº	Color					Nº	Textura					Nº	Sabor				
	T2	T3	T4	T5	T6		T2	T3	T4	T5	T6		T2	T3	T4	T5	T6		T2	T3	T4	T5	T6
1	5	3	3	3	2	1	2	4	4	2	1	1	4	4	3	4	2	1	5	4	5	1	4
2	3	3	3	3	3	2	3	4	3	2	4	2	4	3	4	3	1	2	4	2	4	2	2
3	4	5	4	4	4	3	4	5	5	4	5	3	3	4	5	4	4	3	4	5	3	3	5
4	3	4	2	4	4	4	2	5	4	5	5	4	3	4	5	4	5	4	4	2	4	3	3
5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	3	5	5	5	5	2	5	4
6	5	4	3	4	4	6	5	5	3	4	4	6	5	5	4	3	5	6	5	5	2	4	4
7	4	4	4	4	3	7	4	4	3	4	2	7	5	4	5	4	4	7	4	4	3	4	3
8	4	4	3	5	4	8	3	3	4	4	3	8	5	4	3	3	4	8	5	4	4	3	3
9	4	3	4	3	1	9	4	4	4	3	1	9	5	4	2	4	2	9	2	4	2	1	4
10	4	4	5	4	4	10	3	3	2	3	3	10	3	3	4	4	5	10	3	3	4	2	2
11	4	4	3	4	4	11	3	4	4	5	3	11	3	4	4	5	5	11	3	3	3	5	4
12	4	4	5	3	4	12	4	4	2	3	4	12	4	4	5	4	4	12	3	3	3	2	4
13	4	3	2	3	3	13	3	4	3	3	3	13	4	3	4	3	3	13	3	4	5	3	3
14	5	5	4	3	4	14	3	5	3	3	4	14	3	5	3	3	4	14	4	4	3	3	5
15	3	4	2	2	4	15	3	4	2	3	4	15	2	4	2	3	5	15	4	3	3	4	4

Apariencia general

HSD Tukey

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
T4	15	3,4000
T5	15	3,5333
T6	15	3,5333
T3	15	3,8667
T2	15	4,0667
Sig.		,188

Color

HSD Tukey

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
T2	15	3,4000
T4	15	3,4000
T6	15	3,4000
T5	15	3,4667
T3	15	4,1333
Sig.		,247

Textura

HSD Tukey

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
T5	15	3,6000
T2	15	3,8667
T4	15	3,8667
T6	15	3,8667
T3	15	3,9333
Sig.		,873

Sabor

HSD Tukey

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
T5	15	3,0000
T4	15	3,3333
T6	15	3,6000
T3	15	3,6667
T2	15	3,8667
Sig.		,145

Determinación de la intensidad del color

Tratamientos	Indicadores del color				
	L	a	b	c	H
T1	61,50	-3,30	19,85	20,10	99,50
T1	75,00	-3,30	24,65	24,85	97,25
T1	69,40	-2,80	26,85	27,00	95,10
T2	67,50	-3,50	19,95	20,25	97,95
T2	68,10	-2,10	18,90	18,95	96,70
T2	69,65	-2,25	22,05	22,15	95,80
T3	57,55	-8,35	25,75	26,90	108,15
T3	70,35	-2,40	15,00	15,30	97,05
T3	71,25	-3,90	20,35	20,75	100,60
T4	66,55	-3,75	20,15	20,50	99,20
T4	72,15	-4,55	24,75	25,15	100,45
T4	70,60	-5,55	25,05	25,70	102,85
T5	69,75	-4,40	22,15	22,65	100,45
T5	69,25	-2,65	19,15	19,30	97,80
T5	66,05	-1,90	20,10	20,30	88,85
T6	61,00	-3,30	19,85	20,10	99,00
T6	73,00	-3,35	24,65	24,35	96,20
T6	69,40	-2,30	26,85	27,50	95,60

Determinación de clorofila

Absorbancia de la muestra original

Longitud de onda	Absorbancia		Promedio
	A1	A2	
A662	0,076	0,076	0,076
A645	0,033	0,034	0,0335

Absorbancia de la muestra convertida

Longitud de onda	Absorbancia		Promedio
	A1	A2	
A662	0,055	0,055	0,055
A645	0,024	0,026	0,025

$$\begin{aligned}
 Cl\ a &= 25,38\ (0,021) + 3,64\ (0,009) = 0,56\ \text{mg/l} \\
 Cl\ b &= 30,38\ (0,009) - 6,58\ (0,021) = 0,12\ \text{mg/l} \\
 Cl\ t &= 18,80\ (0,021) + 34,02\ (0,009) = \mathbf{0,68\ \text{mg/l}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cl\ a &= 0,56\ (0,25)\ (3,5) = 0,04\ \text{mg/g} \\
 Cl\ b &= 0,12\ (0,25)\ (3,5) = 0,01\ \text{mg/g} \\
 Cl\ t &= 0,68\ (0,25)\ (3,5) = \mathbf{0,05\ \text{mg/g}}
 \end{aligned}$$

ANEXO 5

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



Figura 1. Pesado



Figura 2. Selección



Figura 3. Deshojado



Figura 4. Lavado



Figura 5. Desinfección



Figura 6. Enjuague



Figura 7. Acondicionado



Figura 8. Empacado



Figura 9. Pesado



Figura 10. Sellado



Figura 11. T. con y sin orificio



Figura 12. Almacenamiento

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Figura 13. Pesado de peptona



Figura 14. Esterilizado del agua peptonada



Figura 15. Pesado



Figura 16. Licuado



Figura 17. Dilución



Figura 18. Siembra



Figura 19. Incubación

DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES (UFC/G)

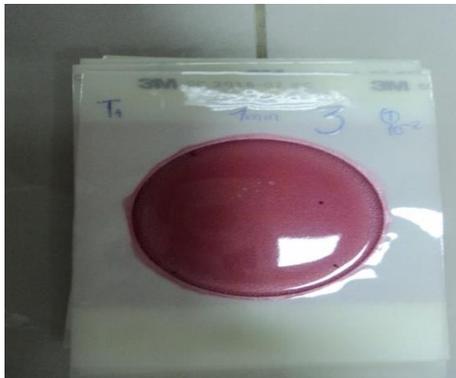


Figura 20. Tratamiento N° 1

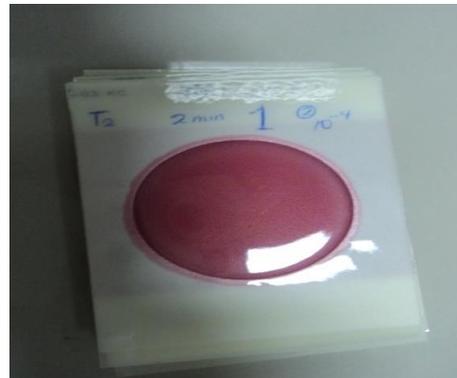


Figura 21. Tratamiento N° 2

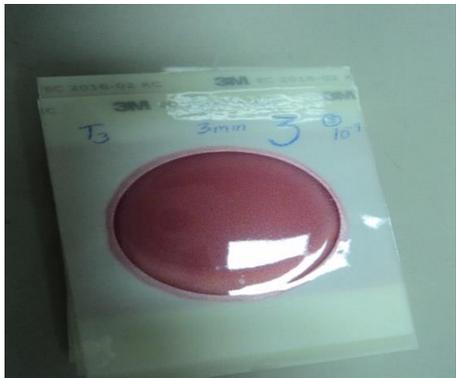


Figura 22. Tratamiento N° 3



Figura 23. Tratamiento N° 4

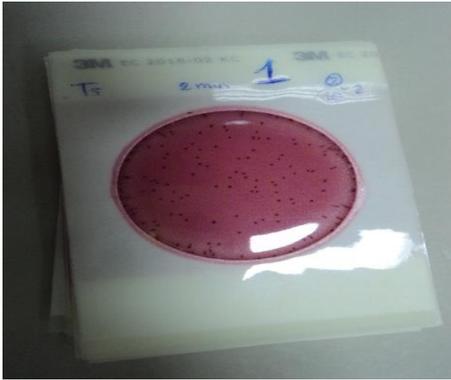


Figura 24. Tratamiento N° 5

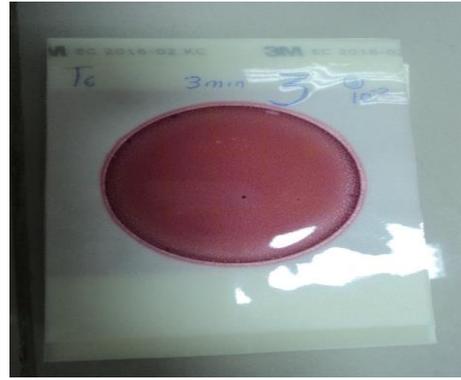


Figura 25. Tratamiento N° 6

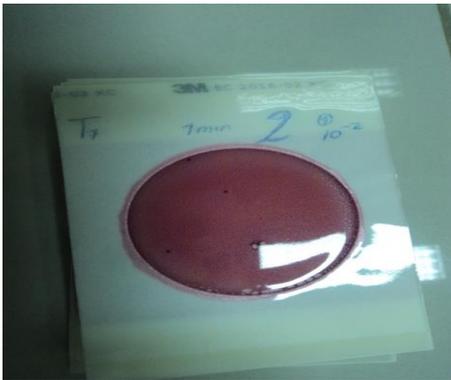


Figura 26. Tratamiento N° 7

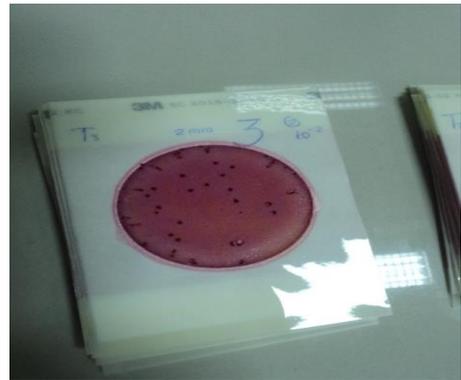


Figura 27. Tratamiento N° 8

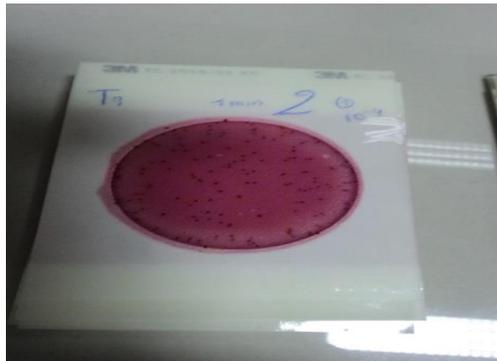


Figura 28. Tratamiento N° 9

DETERMINACIÓN DE CLOROFILA



Figura 29. Pesado de insumos



Figura 30. Dilución de acetona



Figura 31. Acetona al 80%



Figura 32. Licuado



Figura 33. Filtrado



Figura 34. Muestra original



Figura 35. Enrasado de la Muestra original y convertida



Figura 36. Alícuota blanco



Figura 37. Alícuota de la muestras



Figura 38. Lectura de la absorbancia

ANALISIS DEL COLOR DE LA LECHUGA DE IV GAMA

DÍA 0



Figura 39. Toma de muestras



Figura 40. Tratamientos



Figura 41. Acondicionado



Figura 42. Lectura de las hojas

DÍA 2



Figura 43. Tratamiento N° 1



Figura 44. Tratamiento N° 2



Figura 45. Tratamiento N° 3

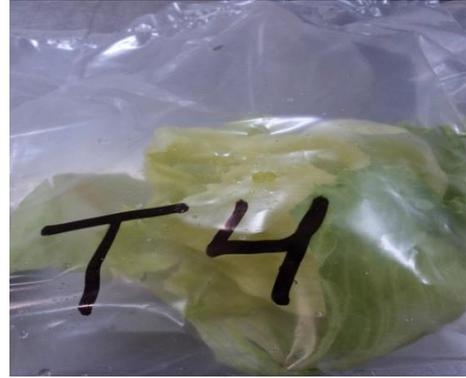


Figura 48. Tratamiento N° 4



Figura 49. Tratamiento N° 5

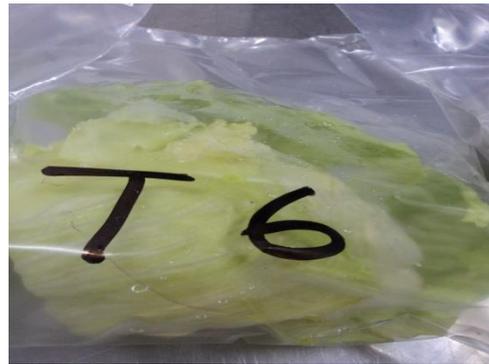


Figura 50. Tratamiento N° 6

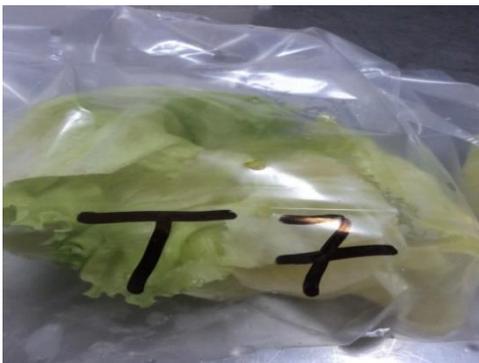


Figura 51. Tratamiento N° 7

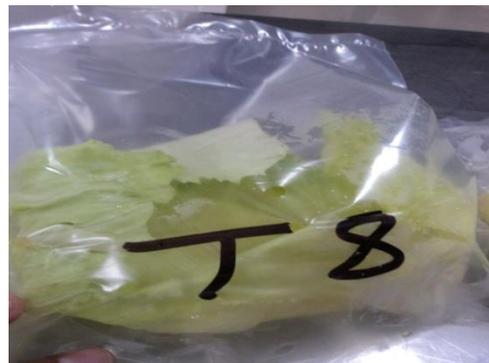


Figura 52. Tratamiento N° 8



Figura 53. Tratamiento N° 9

DIA 6



Figura 54. T1 con y sin orificio



Figura 55. T2 con y sin orificio



Figura 56. T3 con y sin orificio



Figura 57. T4 con y sin orificio



Figura 58. T5 con y sin orificio



Figura 59. T6 con y sin orificio



Figura 60. T7 con y sin orificio



Figura 61. T8 con y sin orificio



Figura 62. T9 con y sin orificio

DIA 8



Figura 63. T1 sin orificio



Figura 64. T2 sin orificio



Figura 65. T3 sin orificio



Figura 66. T4 sin orificio



Figura 67. T5 sin orificio



Figura 68. T6 sin orificio



Figura 69. T7 sin orificio



Figura 70. T8 sin orificio



Figura 71. T9sin orificio



Figura 72. Tratamientos

ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS



Figura 73. Análisis sensorial



Figura 74. Análisis sensorial



Figura 75. Análisis sensorial



Figura 75. Análisis sensorial



Figura 76. Análisis sensorial



Figura 77. Análisis sensorial

ANEXO 6

MÉTODO DETERMINACIÓN DE CLOROFILA

Equipo y reactivos

- Espectrofotómetro
- Cubetas de vidrio con tapa
- Licuadora con vaso de vidrio
- Filtro de vidrio poroso
- Kitasato
- Fiolas de 250 ml y 100 ml
- Acetona al 80%
- Carbonato de calcio
- Ácido oxálico
- Papel de aluminio

Metodología

Pesar 3.5 g. de lechuga y colocar en el vaso de la licuadora, agrega 0.5 g. de CaCO_3 y 75 ml de acetona al 80 %, tapar la licuadora y licuar durante 3 min a máxima velocidad.

Filtrar el extracto con el filtro de vidrio y lavar el residuo con acetona al 80 % hasta que el tejido vegetal y los líquidos de lavados sean incoloros. Se transfiere el filtrado a la fiola de 250 ml y se diluye a volumen con la acetona.

Se toman 50 ml de la muestra original y se transfieren a una fiola de 100 ml con 0.25 g de ácido oxálico para pasar toda la clorofila a feofitina (muestra convertida). Ambos matraces se tapan, se cubren con papel de aluminio y se mantienen en la oscuridad por tres horas a temperatura ambiente.

Medida espectrofotométrica

Se coloca cada una de las soluciones obtenidas en cubetas de vidrio y se tapan. La solución acuosa de acetona al 80 % se utiliza como blanco de referencia. Se determinan las absorbancias de las Muestras Original y Convertida a 645, 662 y 700 nm. Además se mide la absorbancia de la Muestra Convertida a 645 y 662 nm. La lectura a 700 nm, donde existe poca absorción debido a las clorofilas, sirve para controlar la claridad óptica de las soluciones. Las muestras claras dan lecturas de absorbancia a 700 nm de 0.014 o menores.

Cálculo de las concentraciones

$$Cl\ a = 25.38 (\Delta A_{662}) + 3.64 (\Delta A_{645})$$

$$Cl\ b = 30.38 (\Delta A_{645}) - 6.58 (\Delta A_{662})$$

$$Cl\ t = 18.80 (\Delta A_{662}) + 34.02 (\Delta A_{645})$$

Dónde: Cl a, Cl b, Cl t = Concentración de clorofila a, b y total realmente presente en la muestra de lechuga, [mg/L]

Para expresar los resultados como miligramos de clorofila presentes por cada gramo de vegetal fresco se utiliza la siguiente ecuación;

$$Cl\ j = Cl\ j\ mg/L \times 0.250L \times [1g / 7g]$$

Dónde: j = a, b o total

Cl j = Concentración en el vegetal fresco, [mg/1g]

ANEXO 7

EVALUACIÓN SENSORIAL POR ATRIBUTO

Apellidos y Nombres:

PRODUCTO: LECHUGA ICEBERG

INDICACIONES: Junto a usted tiene la muestra de lechuga Iceberg, y un vaso con agua, antes de probar la muestra, tome un sorbo de agua y pruebe la muestra, al finalizar enjuáguese la boca para eliminar los sólidos. Dale el puntaje en el casillero correspondiente de acuerdo a la apreciación de su nivel de agrado o desagrado.

Código de la muestra	Apariencia general	Color	Textura	Sabor
L-002				
L-003				
L-004				
L-005				
L-006				

Puntaje	Calificación
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	Ni gusta ni disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

OBSERVACIONES:.....

ANEXO 8

MÉTODO CIELAB DETERMINACION DEL COLOR

Las coordenadas del espacio de color CIELab definido en 1976 (L^* , a^* y b^*) por la Comisión Internacional de Iluminación en el cual, L^* indica la luminosidad (negro/blanco) y a^* y b^* dan a conocer las coordenadas de cromaticidad, indicando direcciones de color, $+a^*$ representa la dirección del color rojo y $-a^*$, la dirección del color verde; de igual forma, $+b^*$ indica la dirección del color amarillo y $-b^*$ la dirección del color azul (Kónica y Minolta, 2012). El tono (h°) y el croma (C) derivan de los parámetros de color y se calculan a partir de las siguientes ecuaciones:

$$h^\circ = \arctan\left(\frac{a}{b}\right) \quad C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

El valor de h° se define como un círculo de color, con rojo-violeta en un ángulo de 0° , amarillo a 90° y verde - azul a 270° . Los valores de C representan la saturación de color de la muestra y varía desde los colores "apagados", menos saturados (valores bajos), hasta los colores vivos, de máxima saturación (valores altos).

ANEXO 9**Técnica PETRIFILM® AOAC Método Oficial 991.14.****ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

1. Preparar agua peptona al 0,1%, a través del método (ISO 6579), el pH de la muestra debe estar al 6,5 - 7,5.
2. Tomar 10 g de muestra y 90 ml de agua peptonada y colocó sobre la licuadora por un tiempo de 2 min a máxima velocidad. La solución homogenizada se adiciona en un vaso precipitado de 200 ml.
3. Coloque la placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada. Levante la lámina semitransparente superior. Con la pipeta perpendicular a la placa Petrifilm coloque 1 ml de la muestra (previamente preparada con su correspondiente dilución).
4. Con el lado bordeado hacia abajo coloque el dispensor sobre la película superior atrapando la muestra.
5. Presione suavemente el dispensor para distribuir la muestra sobre el área circular.
6. Levante el dispensor, espere un minuto a que se solidifique el gel y proceda a la incubación.
7. Tiempo de incubación y temperatura varían según el método. Los métodos comúnmente aprobados son:
 - AOAC Método Oficial 986.33
 - Aerobios Incubar 48 hrs (+/- 3 hrs) a 35°C (+/- 1°C)
 - AOAC Método Oficial 991.14
 - Coliformes incubar 24 hrs (+/- 2 hrs) 35°C (+/- 1°C)
 - E. coli incubar 48 hrs (+/- 2 hrs) 35°C (+/-1°C)
8. Retirar las placas una vez cumplido su tiempo de incubación y proceder al recuento de colonias