

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE EMPACADO AL VACÍO PARCIAL COMO MÉTODO DE
ATMOSFERA MODIFICADA EN LECHUGA ICEBERG (*Lactuca sativa* var.
Capitata) DE IV GAMA Y SU EFECTO EN LA CONSERVACIÓN DE
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS Y ALARGAMIENTO DE VIDA DE
ANAQUEL.**

POR:

CARLOS GUILLERMO ESCOBAR LÓPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2024

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EVALUACIÓN DE EMPACADO AL VACÍO PARCIAL COMO MÉTODO DE
ATMOSFERA MODIFICADA EN LECHUGA ICEBERG (*Lactuca sativa* var.
Capitata) DE IV GAMA Y SU EFECTO EN LA CONSERVACIÓN DE
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS Y ALARGAMIENTO DE VIDA DE
ANAQUEL.**

POR:

CARLOS GUILLERMO ESCOBAR LÓPEZ

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2024

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTORA ACADEMICO

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN

SECRETARIO GENERAL

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO

ING. AGR. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

SECRETARIO

M.SC. ING. AGR. EDGAR GEOVANY REYES MELARA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

M. SC. ING. AGR. HUMBERTO RUIZ MEJÍA

COORDINADOR DEL CURSO:

M. SC. ING. AGR. OMAR ANTONIO LARA DÍAZ

ASESOR:

M. SC. ING. AGR. SIGFREDO RAMOS CORTEZ

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. HAYDEE ESMERALDA MUNGUIA DE PÉREZ

Dedicatoria

Dedico esta tesina, a mis padres, quienes han sido mi principal apoyo, a lo largo de la carrera, quienes con su amor y sabiduría me enseñaron la importancia de la perseverancia, disciplina y dedicación para lograr mis sueños y alcanzar mis metas.

A mi novia, quien a lo largo de la carrera ha estado a mi lado, apoyándome, creyendo en mi potencial e inteligencia, animándome y siendo esa persona que siempre me motiva a dar lo mejor de mí.

A mis hermanos quienes me animaban siempre a dar lo mejor de mí en cada momento, me brindaban su sabiduría y consejos.

A todos los docentes que a lo largo de mi vida de estudiante han aportado en mi formación académica, compartiendo sus conocimientos, sabiduría y vivencias. En especial aquellos docentes, que creyeron en mi potencial y me brindaron las oportunidades de trabajar junto a ellos y aprender de ellos.

A mis compañeros, esos colegas con quienes compartí noches de desvelo a lo largo de la carrera, con quienes compartí momentos de alegría, tristeza, frustración y enojo. A esos desconocidos, con quienes finalmente terminamos estableciendo una amistad.

A cada una de las personas que han creído en mí, les dedico este trabajo, la culminación de mis estudios.

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a Dios, por permitirme culminar mis estudios superiores satisfactoriamente, por brindarme la sabiduría y fortaleza para afrontar y superar cada una de las pruebas.

A mis Padres, por apoyarme, motivarme, aconsejarme y animarme siempre que lo necesite, a darme esa fortaleza para no rendirme y seguir siempre adelante, les doy las gracias por siempre ser mi ejemplo por seguir.

A mi novia, a quien la vida puso en mi camino, le agradezco por siempre apoyarme a lo largo de la carrera, por ser una gran compañera, amiga y novia. Por siempre estar en cada momento, darme ánimos para continuar y superarme.

A mis hermanos, les agradezco por su apoyo, consejos y enseñanzas que me ayudaron a poder culminar mis estudios.

A cada uno de los docentes que compartió su conocimiento para mi formación académica, les agradezco por todo lo enseñado y compartido, por todos sus consejos que nos ayudan a formarnos como profesionales.

A la Universidad de El Salvador y en especial a la Facultad de Ciencias Agronómicas, por acogernos, brindarnos las instalaciones, equipos y herramientas para poder aprender y formarnos como Ingeniero Agroindustrial.

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas que pertenece a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Y consistió en la evaluación del empaçado al vacío parcial en lechuga iceberg (*Lactuca sativa* var. capitata), de IV gama y su efecto en la conservación de características organolépticas y alargamiento de vida de anaquel. El periodo de la investigación del 11 de julio al 24 de julio del 2023.

La evaluación del empaçado al vacío parcial consistió en el estudio de dos métodos de empaçado al vacío parcial y un testigo. Identificándolos de la siguiente manera: T0 (empaçado simple o testigo), T1 (empaçado al vacío parcial por 4 segundos), T2 (empaçado al vacío parcial por 8 segundos). Estos métodos de empaçado se emplearon en lechuga iceberg de IV gama, la cual fue sometida a un proceso de selección, enfriado, lavado, desinfectado, escurrido, empaçado y almacenado. La investigación se desarrolló con el propósito de evaluar que método de empaçado al vacío parcial generaba un mejor efecto en la conservación de características fisicoquímicas, organolépticas y alargar la vida de anaquel del producto.

Para verificar el efecto de los métodos de empaçado en el producto, se realizó un registro de datos tres veces por semana, en donde se evaluaron las variables físicas (Color y pérdida de peso), químicas (pH y porcentaje acidez titulable), fisiológicas (tasa de respiración), y sensoriales. Los datos obtenidos fueron analizados bajo un diseño de bloques completo al azar, con un nivel de significancia del 5%. Para conocer si las variables en estudio presentaban efectos homogéneos o heterogéneos, se aplicó el análisis de varianzas y prueba de comparación de medias de Tukey.

Los resultados obtenidos permitieron identificar que el tratamiento T1, presento los mejores resultados, al generar una atmosfera modificada dentro de empaque con un contenido aproximado de 5% de O₂ y 10-13% de CO₂, que favoreció la conservación de las características fisicoquímicas y organolépticas de las muestras de lechuga, así como un aumento en su vida de anaquel.

Palabras clave: IV gama, Atmosfera modificada, Lechuga, CO₂.

ABSTRACT

The research was carried out at the Experimental and Practice Station that belongs to the Faculty of Agricultural Sciences of the University of El Salvador. And it consisted of the evaluation of partial vacuum packaging of fresh-cut iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata), and its effect on the conservation of organoleptic characteristics and extension of shelf life. The research period from July 11 to July 24, 2023.

The evaluation of partial vacuum packaging consisted of the study of two partial vacuum packaging methods and a control. Identifying them as follows: T0 (simple or control packaging), T1 (partial vacuum packaging for 4 seconds), T2 (partial vacuum packaging for 8 seconds). These packaging methods were used on fresh-cut iceberg lettuce, which was subjected to a process of selection, cooling, washing, disinfecting, draining, packaging and storage. The research was developed with the purpose of evaluating which partial vacuum packaging method generated a better effect in preserving physicochemical and organoleptic characteristics and extending the shelf life of the product.

To verify the effect of the packaging methods on the product, a data record was carried out three times a week, where the physical variables (Color and weight loss), chemical (pH and titratable acidity percentage), physiological (respiration rate), and sensory. The data obtained were analyzed under a complete randomized block design, with a significance level of 5%. To find out if the variables under study presented homogeneous or heterogeneous effects, the analysis of variances and Tukey's comparison of means test were applied.

The results obtained allowed us to identify that the T1 treatment presented the best results, by generating a modified atmosphere inside the packaging with an approximate content of 5% O₂ and 10-13% CO₂, which favored the conservation of the physicochemical and organoleptic characteristics. of lettuce samples, as well as an increase in its shelf life.

Keywords: IV range, Modified atmosphere, Lettuce, CO₂.

Índice

Contenido	Pág.
1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema	2
3. Antecedentes	3
4. Marco teórico	5
4.1. Origen de la lechuga	5
4.2. Clasificación taxonómica	5
4.3. Valor nutricional.....	5
4.4. Aspectos generales en la conservación de hortalizas.	6
4.5. Productos de Cuarta Gama (Productos mínimamente procesados).....	7
4.6. Problemas más frecuentes en almacenaje de productos de IV gama	8
4.6.1. Pardeamiento.	9
4.6.2. Respiración.	9
4.6.3. Transpiración.....	9
4.6.4. Efectos del corte	10
4.6.5. Efectos de la temperatura	10
4.7. Conservación de productos de cuarta gama.	10
4.7.1. Atmosferas modificadas	10
4.7.2. Tipos de atmosferas modificadas	12
4.8. Películas plásticas utilizadas para el EAM de hortalizas.....	13
4.8.1. Tipos de películas	13
5. Objetivos	15
5.1. Objetivo General.....	15
5.2. Objetivo Especifico	15

6.	Metodología.....	16
6.1.	Descripción del lugar de estudio.....	16
6.2.	Metodología de Campo.....	16
6.2.1.	Recolección y traslado de materia prima.....	16
6.2.2.	Materiales y Equipo.....	17
6.2.3.	Preparación de muestra.....	17
6.3.	Tratamientos y diseño experimental.....	23
6.4.	Metodología de laboratorio.....	24
6.4.1.	Parámetros físicos.....	24
6.4.2.	Parámetros químicos.....	25
6.4.3.	Parámetros fisiológicos.....	26
6.5.	Metodología estadística.....	28
7.	Análisis e interpretación de Resultados.....	29
7.1.	Resultados Parámetros físicos.....	29
7.1.1.	Evaluación de color por colorimetría.....	29
7.1.2.	Pérdida de peso.....	32
7.2.	Parámetros químicos.....	34
7.2.1.	pH (potencial de Hidrogeno).....	34
7.2.2.	Porcentaje de acidez titulable en hojas de lechuga.....	35
7.3.	Parámetros fisiológicos.....	36
7.3.1.	Porcentaje de CO ₂ dentro del empaque.....	36
7.4.	Análisis sensorial.....	40
8.	Conclusiones.....	41
9.	Recomendaciones.....	43
10.	Bibliografía.....	44

11. Anexos.....	49
-----------------	----

Índice de anexos

Anexo 1. Ficha de evaluación sensorial.	49
Anexo 2. Resultados de evaluación de parámetros físicos.	50
Anexo 3. Resultados evaluación de parámetros químicos.	52
Anexo 4. Resultados evaluación de atmosfera dentro del empaque.....	53
Anexo 5. Resultados de tasa de respiración	54
Anexo 6. Resultados evaluación sensorial	55

Índice de cuadros de anexos

Cuadro A 1. valores registrados de color por colorimetría.....	50
Cuadro A 2. Porcentaje de pérdida de peso.....	51
Cuadro A 3. Valores de pH y porcentaje de acidez titulable.....	52
Cuadro A 4. Medición de concentración de gases dentro del empaque	53
Cuadro A 5. Valores de tasa de respiración de lechuga de IV gama.....	54
Cuadro A 6. Valores promedio de evaluación sensorial de lechuga	55

Índice de cuadros

Cuadro 1. Clasificación taxonómica lechuga iceberg.	5
Cuadro 2. Composición nutricional por cada 100 gramos de lechuga.	6
Cuadro 3. Principales causas de los cortes de frutos y vegetales frescos.....	10
Cuadro 4. Materiales y equipos usados en el establecimiento del ensayo	17
Cuadro 6. Descripción de tratamientos.....	23
Cuadro 7. Arreglo espacial del diseño completo de bloques al azar.	24
Cuadro 8. Valoración de criterios para prueba Hedonica.....	28

Índice de figuras

Figura 1. Lechuga iceberg mínimamente procesada	8
Figura 2. Vista satelital de Estación Experimental y de prácticas Facultad de Ciencias Agronómicas.....	16
Figura 3. Pesaje inicial de lechugas.....	18

Figura 4. Lavado de lechugas.....	19
Figura 5. Proceso de desinfectado de lechugas.	19
Figura 6. Secado de lechugas para retirar exceso de agua.....	20
Figura 7. Muestras de lechuga empacadas y selladas.....	21
Figura 8. Muestras de lechuga almacenadas en refrigeración a una temperatura de 5°C. ...	21
Figura 9. Flujo de proceso de lechuga de IV gama.	22
Figura 10. Evaluación de color.....	24
Figura 11. Medición de pH.....	25
Figura 12. Medición de gases generados por tasa respiración de las muestras	26
Figura 13. Medición de gases generados por tasa respiración de las muestras	27
Figura 14. Escala para evaluación de atributos sensoriales.....	28
Figura 15. Comportamiento de luminosidad en hojas de lechuga de IV	30
Figura 16. Comportamiento de la coordenada cromática *a.....	31
Figura 17. Comportamiento de la coordenada cromática b*.....	32
Figura 18. Comportamiento variable pérdida de peso.....	33
Figura 19. Comportamiento de la variable pH en hojas de lechuga de IV	34
Figura 20. Comportamiento de la variable acidez titulable en hojas de lechuga de IV	35
Figura 21. Comportamiento de la variable porcentaje de CO2 dentro del empaquen.....	37
Figura 22. Evaluación del comportamiento de la Taza respiratoria	39
Figura 23. Evaluación sensorial de los atributoos	40

1. Introducción

La técnica de atmósfera modificada consiste en envasar alimentos en materiales que producen una barrera contra la difusión de gases, en los que se ha modificado el ambiente gaseoso para disminuir el grado de respiración y el crecimiento microbiano, así como retrasar el desarrollo enzimático con el fin de aumentar el tiempo de utilidad del producto. Dependiendo de las exigencias del alimento a envasar, se requerirá una atmósfera con ambientes ricos en CO₂ y pobres en O₂, reduciendo el proceso de respiración en los productos, manteniendo por más tiempo sus características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas. (Ospina y Cartagena 2008).

Los vegetales “mínimamente procesados” o de IV gama, son productos parcialmente elaborados que no requieren de preparación adicional para su uso. Generalmente se elaboran para restaurantes, comedores institucionales, locales de comida rápida y mercados al detalle (Watada y Qi, 1999). El grado de procesamiento varía según el vegetal, pudiendo presentarse pelados, cortados, rallados, etc. Los métodos de procesamiento mínimo modifican muy poco los atributos y características originales del producto fresco. Los vegetales mínimamente procesados deben tener una vida útil suficiente que les permitan ser transportados desde la planta procesadora hasta el consumidor, llegando a él en buenas condiciones (OHLSSON, 1994).

Según Polenta (1999), la duración de estos productos debe tener entre 7 a 10 días (no es recomendable su consumo pasada la fecha de caducidad), para satisfacer las necesidades de los consumidores actuales. Esto se logra teniendo presente medidas como mantener una cadena de frío, usar preservantes (discutido entre autores), usar materia prima de excelente calidad, entre otras.

El objetivo para el desarrollo de la investigación es evaluar el efecto del empaquetado al vacío parcial como método de atmósfera modificada en la conservación de características fisicoquímicas, organolépticas y alargamiento de vida de anaquel de lechuga iceberg (*Lactuca sativa* var. capitata) de IV gama.

2. Planteamiento del problema

En los últimos años el estilo de vida de los consumidores ha cambiado, el deseo de un estilo de vida más saludable y el poco tiempo dedicado a la cocina han generado una mayor demanda de productos frescos, listos para su consumo, o que ha provocado que los productos mínimamente procesados o de cuarta gama hayan experimentado un crecimiento acelerado en el mercado de frutas y hortalizas.

Sin embargo, estos productos tienen una gran limitante respecto a la extensión de la vida de anaquel afrontando dos problemas básicos: Primero, el tejido vegetal es un tejido vivo en el que interactúan muchos fenómenos (deshidratación, oxidación, elevada velocidad de respiración, actividad enzimática), algunos de los cuales, si no son controladas, pueden conducir a la rápida senescencia o al deterioro en la calidad; segundo, la posibilidad de desarrollo microbiano es mayor debido a la mayor superficie expuesta, la presencia de jugos celulares, etc. por lo que la proliferación microbiológica debe ser minimizada y retardada (Piangentini, et al 2003).

Una de las principales tecnologías empleadas para la conservación de productos de cuarta gama, es el uso de atmósferas modificadas (AM), que en combinación con bajas temperaturas permiten regular el proceso de respiración y producción de etileno, ya que a una mayor respiración y producción de etileno menor tiempo de vida de anaquel del producto. El método ideal para obtener mejores resultados bajo esta tecnología es la implementación de una atmósfera modificada activa, en la cual se realiza una combinación de gases dependiendo las proporciones de necesarias para alargar la vida útil del producto. El inconveniente de este método es el costo del equipo necesario para el proceso, por lo cual la alternativa más viable es el uso de películas plásticas empleadas para el almacenamiento de productos alimenticios, ya que cada película posee una densidad y permeabilidad a diferentes gases lo que permitirá modificar la atmósfera dentro del empaque.

Para el estudio se empleó lechuga de la variedad iceberg, la cual posee una mayor resistencia en cuanto a pérdida de agua por transpiración en comparación a las variedades de hoja, además, de poseer una alta demanda en el mercado. Pero debido a que su alto contenido de agua (95%), es muy propensa a la deshidratación y oxidación, por tal motivo es de suma importancia su evaluación.

3. Antecedentes

En la Universidad de Chile, Vega (2011), trabajó la evaluación de los factores que influyen en la durabilidad de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) como producto de IV gama. Para ello se evaluó la población de bacterias aerobias mesófilas y coliformes sobre dos tratamientos de atmósfera 4 (modificada y sin modificar), en dos tipos de lechuga. La aplicación de atmósfera modificada no mostró tener un efecto significativo en la tasa de crecimiento de microorganismos. En ambos tipos de lechuga la oxidación fue mayor en las muestras que fueron previamente almacenadas y el pardeamiento fue más marcado en el tipo mantecosa.

De igual manera, Alvares y Ávila (2016), desarrollaron un producto hortícola (zanahoria y apio), de IV gama, evaluando tres tipos de atmósferas y tres tipos de envases. La investigación valida la mejor combinación de la atmósfera modificada y el envase, para aumentar el tiempo de vida útil de las zanahorias y apios. El empaque que mejor resultados obtuvo fue PET 12 + LDPE 30 y la atmósfera modificada 5% O₂ + 5% CO₂ + 90% N₂, teniendo resultados excelentes hasta el día 9 y resultados buenos hasta el día 14.

Asimismo, Monaco et al. 2005. Evaluó el comportamiento postcosecha de lechuga mantecosa en atmósfera modificada pasiva utilizando diferentes películas poliméricas como material de envase de distinta permeabilidad a los gases (SM250Y, PD-961 y PD-900). La conservación se realizó en una cámara refrigerante a 4°C durante 10 días. Durante el almacenamiento se realizaron mediciones de pérdida de peso, color, consumo de O₂, producción de CO₂ y etileno y calidad visual. El uso de películas plásticas reduce la actividad metabólica por disminución de O₂ y el incremento de CO₂, así como se minimiza la pérdida de agua, favoreciendo el mantenimiento de la calidad del producto. Los materiales de envase PD-961 y PD900 preservaron la calidad comercial de la lechuga a pesar de la diferente permeabilidad de los gases. No obstante, se recomienda el uso de las películas PD-961 por ser un material más permeable al etileno, hormona que acelera el deterioro del producto, y por su menor opacidad que PD 900 permite una mejor observación del producto por el consumidor

También, Pérez y Ramos 2021. Realizaron la evaluación de dos combinaciones de conservantes y su efecto sobre un producto hortícola de IV Gama. en el estudio de tres tratamientos: T0 sin conservantes, T1 con ácido cítrico 0.1%, ácido ascórbico 1%, cloruro de

calcio 1% y T2 con ácido cítrico 0.1%, cloruro de calcio 1%, ácido peracético 0.008% aplicados a hortalizas listas para consumo, estas fueron sometidas a un proceso de lavado, desinfectado, pelado y troceado, el proceso se dirigió a controlar el deterioro en zanahoria (*Daucus carota*), cebolla (*Allium cepa*), lechuga (*Lactuca sativa*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), destinadas al consumo. Los resultados obtenidos en el análisis sensorial mostraron que hubo diferencias significativas en color y textura presentando los mejores efectos T1 y T2 quienes tuvieron una vida útil de 15 días.

Asimismo, Leiva 2013. Evaluó el envasado al vacío como técnica de conservación de lechuga (*Lactuca sativa* L.), IV gama. El objetivo de la investigación consistió en determinar si el envasado al vacío permite mantener la inocuidad y calidad de lechugas (*Lactuca sativa* L) IV gama. Para ello se evaluó la población de bacterias aerobias mesófilas, coliformes y *Salmonella* sp. Los resultados se compararon con los obtenidos en lechugas envasadas con aire. Se incluyó el análisis de microorganismos anaerobios en las lechugas envasadas al vacío. También fue considerado el análisis de la variación del color a través del tiempo en las lechugas procesadas, usando el modelo cromático CIE L*a*b*. Además, se utilizó cloro como agente higienizante en concentraciones de 80 y 40 ppm.

4. Marco teórico

4.1. Origen de la lechuga

El origen de la lechuga no está muy claro. Se afirma que procede de la India, mientras que otros la sitúan en las regiones templadas de Eurasia y América del Norte, a partir de la especie *Lactuca serriola* (Vera 2008). Existen tres teorías referentes al origen de la lechuga cultivada: 1. Originada a través de formas silvestres de *L. sativa*, 2. Originada por descendencia directa de *L. serriola* (especie silvestre), y 3. Originada a través de hibridaciones de diferentes especies (Lindqvist 1960). A pesar de los estudios realizados para determinar el origen de la especie, los resultados no han sido concluyentes y su origen aún es incierto (Kesseli et al. 1991).

4.2. Clasificación taxonómica

El nombre genérico *Lactuca* procede del latín *lac*, -tis (leche). Tal etimología refiere al líquido lechoso (o sea, de apariencia "láctea"), que es la savia que exudan los tallos de esta planta al ser cortados. El adjetivo específico *sativa* hace referencia a su carácter de especie cultivada. (Yves Tirilly 1987). En el cuadro 1 se presenta la clasificación taxonómica de la Lechuga.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica lechuga iceberg.

Reino	Plantae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Tribu	<i>Lactuceae</i>
Genero	<i>Lactuca</i>
Especie	<i>Lactuca sativa L.</i>

4.3. Valor nutricional

La lechuga es una hortaliza pobre en calorías, aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores. Los datos de la composición nutricional (cuadro 2), se deben interpretar por 100 g de la porción comestible.

Cuadro 2. Composición nutricional por cada 100 gramos de lechuga.

Nutriente	Cantidad	Nutriente	cantidad
Agua	95 g	Magnesio	7 mg
Energía	14 Kcal	Sodio	10 mg
Proteína	0.90 g	Hierro	0.41 mg
Carbohidratos	2.97g	Vitamina A	25 mcg
Grasa	0.14 g	Vitamina B6	0.04 mg
Fibra	1.2 g	Vitamina C	3 mg
Potasio	141 mg	Zinc	0.15mg
Calcio	18 mg	Niacina	0.12 mg
Fosforo	20 mg		

Fuente: Composición de los Alimentos de Centroamérica (2012).

La lechuga es un alimento que aporta muy pocas calorías por su alto contenido en agua y su escasa cantidad de hidratos de carbono, proteínas y grasas. En cuanto a su contenido en vitaminas, podemos mencionar con aportes poco significativos la presencia de vitamina C, folatos y provitamina A (b-carotenos). (MAPA sf)

4.4.Aspectos generales en la conservación de hortalizas.

El concepto de calidad involucra aspectos variados tales como propiedades físicas, componentes químicos, propiedades funcionales, valor nutritivo, propiedades sensoriales y microbiológicas, entre otros (Chiesa et al. 2005).

La lechuga, al igual que la mayoría de las hortalizas de hoja, son productos delicados con una corta vida de postcosecha y su calidad es fácilmente degradada cuando es almacenada en condiciones erróneas (Lokke 2012). Su alta relación superficie, volumen y tasa respiratoria son factores limitantes para su conservación (Krarup y Spurr 1981).

Lokke (2012), señala que la degradación de la clorofila es un cambio visual obvio durante la senescencia, y va acompañado de pérdidas de proteínas y lípidos de la membrana, dando como resultado la eventual muerte celular y los cambios texturales. Toivonen y Brummel (2008), indican que la pérdida de clorofila provoca un cambio en el color desde verde brillante a una variedad de colores (amarillo, marrón, naranja), en los tejidos en senescencia.

Según Agüero (2011), la senescencia de órganos vegetales se manifiesta de formas diversas: marchitamiento, cambio de color, ablandamiento, degeneración de tejidos, etc.

Los principales factores degradativos en postcosecha, responsables de la pérdida de calidad de las hortalizas frescas según Krarup (1985) y Montealegre (1990) son:

- Procesos fisiológicos: principalmente respiración y transpiración.
- Ataques microbiológicos: bacterias y hongos.
- Daños físicos.

4.5.Productos de Cuarta Gama (Productos mínimamente procesados).

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas se definen como las preparadas mediante una o varias operaciones apropiadas como pelado, cortado. Asociadas a un parcial tratamiento de conservación no definitivo que puede incluir el uso de calentamiento mínimo o un conservador. Puede incluir inmersión en agua clorada, antioxidantes, entre otros. Normalmente después de los tratamientos de conservación, los alimentos se envasan a vacío, luego se someten a una atmósfera modificada y se almacenan a temperaturas reducidas por encima del punto de congelación continuando la cadena de frío hasta su consumo. (Dulce M. 2007).

En cuanto al término de cuarta gama, se debe a las otras tres gamas de frutas y hortalizas. La primera gama se refiere a las frutas y hortalizas frescas enteras, la segunda gama a los productos esterilizados y la tercera a los productos congelados. Los productos de la cuarta gama son hortalizas frescas, que han sido lavadas, se han sometido a un tratamiento de preparación y han sido envasadas. (Selma María 2005).

Los productos elaborados a partir de frutas y hortalizas frescas, mínimamente procesados son: lavados, pelados, cortados y empacados, sin aditivos químicos, las cuales mantienen un alto valor nutricional, envasados en atmosferas controladas para conservar la frescura que le caracteriza (figura 1) (De la Vega 2011).



Figura 1. Lechuga iceberg mínimamente procesada

4.6. Problemas más frecuentes en almacenaje de productos de IV gama.

Los principales problemas producidos en los productos de IV gama están directamente relacionados con la principal desventaja que tienen estos, la perecebilidad. Esta es mayor en los productos cortados, que, en los enteros, y va a depender tanto de factores internos como externos.

Dentro de los factores internos están en primer lugar la respiración y emisión de etileno, ya que, a mayor respiración y producción de etileno, menor es la vida comercial de estos productos (aplicación de atmosfera controlada y bajas temperaturas controlan esto). En segundo lugar, está la acidez del medio, debido a que a pH menores a 4,5 se inhibe, en general, el crecimiento bacteriano, aunque se desarrollan microorganismos del género fúngico y bacterias acidófilas. En tercer lugar, está el estado de madurez lo cual determina la calidad de la materia prima que es procesada (De la Vega 2011).

Los factores externos que comúnmente destacan son: los cuidados en la manipulación y elaboración (desgarros en los cortes, tamaños y homogeneidad de estos, higiene rigurosa y sistemática, temperatura adecuada); elección de un envase de permeabilidad selectiva adecuada al producto (Rojas 2005).

Salinas (2007), señala que las principales limitantes de la vida útil en relación con las características sensoriales, microbiológicas y nutricionales de frutas y hortalizas procesadas

están relacionadas con el corte y la exposición del tejido vegetal, afectando distintos atributos del producto.

4.6.1. Pardeamiento.

Corresponde a la formación de compuestos coloreados (melanoides), debido a la oxidación enzimática de los fenoles a ortoquinonas, que a su vez se polimerizan formando los compuestos pardos. Las enzimas responsables de este proceso son las fenolasas, polifenol oxidasa, tirosinasas o catecolasas. Este proceso ocurre cuando los tejidos han sido dañados y existe oxígeno y cobre para la catalización de las reacciones (Richardson y Hyslop, 1993).

4.6.2. Respiración.

Este proceso consume O₂ y por esto, es importante que frutas y hortalizas tengan cierto contenido de oxígeno en el medio del envase, de lo contrario se va a predisponer a la anaerobiosis, generando etanol, tóxico para los tejidos, y que es desagradable desde el punto de vista gustativo. También estas reacciones desprenden agua, la cual es preciso evitar su condensación en los envases y por ende su acumulación, debido a que da pauta para el desarrollo de microorganismos perjudiciales. Finalmente, la respiración desprende CO₂ y calor, este último conviene eliminar porque un aumento de la temperatura aceleraría estos fenómenos y por lo tanto el deterioro (Cheftel y Cheftel, 1983).

4.6.3. Transpiración.

Este proceso es la pérdida de agua por el cambio físico que ocurre por la existencia de un gradiente de la presión de vapor de agua entre la atmósfera externa y la interna próxima a la superficie de la estructura (Surríba, 1995). Las frutas y hortalizas están constituidas por 90% de agua, por lo que pérdidas de pequeñas cantidades de este elemento afecta de forma considerable su calidad. Por lo que en la producción de frutas y hortalizas de IV gama están sujetas a perder mayor cantidad de agua por la mayor área expuesta de tejido susceptible (Rojas 2005).

Las hortalizas cortadas, generalmente, pierden agua más rápidamente que el producto entero sin preparar, y por esta razón, el producto preparado cortado debe ser envasado tan pronto como sea posible después de la preparación en ambientes con atmósfera modificada (Parry 1995). La forma de reducir la capacidad del aire de extraer agua en forma de vapor es disminuyendo la temperatura o aumentando la humedad relativa en el medio inmediato a las frutas y hortalizas (Wills 1989).

4.6.4. Efectos del corte

La rotura de tejidos provoca una activación metabólica, generando alteraciones fisiológicas como incremento en la velocidad de respiración. En el caso de lechugas troceadas se incrementa dos veces con relación a lechugas intactas, en zanahorias ralladas el incremento es de cuatro a siete veces mayor que las zanahorias intactas. (Ashurst R. 2000).

Cuadro 3. Principales causas de los cortes de frutos y vegetales frescos sobre sus atributos y características organolépticas.

Causas	Atributo o característica organoléptica afectada
Incremento en la actividad metabólica	Sabor, color, vitaminas
Incremento en la actividad de agua	Sabor y textura
Incremento en la actividad enzimática	Color y sabor
Ablandamiento de los productos	Textura
Oxidación de vitamina C	Valor nutricional
Marchitamiento	Apariencia
Susceptibilidad al ataque microbiano	Sanidad y apariencia
Susceptibilidad a lesiones mecánicas	Apariencia y textura

Fuente: Salinas 2007. Modelo del deterioro de productos vegetales frescos cortados

4.6.5. Efectos de la temperatura

El descenso de la temperatura disminuye la respiración, pero puede ocasionar rigidez de los lípidos de las membranas celulares y redistribución de las proteínas asociadas a ellas. Puede afectar la permeabilidad de la membrana y por consiguiente el funcionamiento celular. Los efectos directos ocurren al nivel de la membrana del citoplasma aumentando la permeabilidad y por ello pérdida de soluciones. Entre los efectos indirectos se encuentra la alteración del metabolismo respiratorio al afectar la actividad de las mitocondrias. (Ashurst R. 2000).

4.7. Conservación de productos de cuarta gama.

4.7.1. Atmosferas modificadas

La técnica de conservación en atmósfera modificada (AM), consiste en empaquetar los productos alimenticios en materiales con barrera a la difusión de los gases, en los cuales el ambiente gaseoso ha sido modificado para disminuir el grado de respiración, reducir el

crecimiento microbiano y retrasar el deterioro enzimático con el propósito de alargar la vida útil del producto (Ospina y Cartagena 2008).

Esta técnica tuvo sus orígenes en los años 30 cuando las embarcaciones que transportaban carne y mariscos desde Australia y Nueva Zelanda a Inglaterra utilizaron gases en la preservación de los productos (Drake 2004).

Dependiendo de las exigencias del alimento a envasar, se calienta una atmósfera con ambientes ricos en CO₂ y pobres en O₂. Los cuales reducen el proceso de respiración en los productos, conservando sus características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas por un mayor tiempo, y en función de ésta, se elige el empaque o película de protección que también tendrá que ofrecer una transparencia que permita visualizar los productos y que brinde resistencia mecánica.

El envasado en AM es un método de empaquetado que implica la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por un gas o mezcla de gases, la mezcla de gases a emplear depende del tipo de producto (Drake 2004). Según Parry (1995), la atmósfera gaseosa cambia continuamente durante todo el período de almacenamiento por la influencia de diferentes factores como la respiración del producto envasado, cambios bioquímicos y la lenta difusión de los gases a través del envase.

El uso de AM en lechuga se considera igualmente relevante para mantener su vida postcosecha en góndolas por un período inferior a una semana, ya que disminuye las pérdidas de calidad del producto por pardeamiento y transpiración (Chiesa et al., 2000).

Para Artés (2006), la técnica de AM se aplica como coadyuvante de la refrigeración a temperatura óptima y consiste básicamente en alojar el producto en un envase plástico, flexible o no, dotado de permeabilidad selectiva a los gases metabólicos y cerrado herméticamente. La temperatura es un factor tan crítico en el desempeño de la AM que, con una variación muy significativa de esta puede incluso hacer más daño que bien (Varoquaux y Ozdemir, 2005).

La AM puede reducir la incidencia de los desórdenes fisiológicos, las alteraciones por microorganismos y los deterioros bioquímicos, cada uno de los cuales originan cambios en

las características organolépticas, como color, textura y sabor, y en consecuencia a modificaciones en el valor comercial del producto envasado (Chiesa 2010).

4.7.2. Tipos de atmosferas modificadas

4.7.2.1. Atmosfera modificada pasiva

La modificación de la atmósfera se lleva a cabo por efecto de la respiración del producto y la permeabilidad de la película. El equilibrio se logra después de un tiempo, dependiendo de los requerimientos del producto y permeabilidad (en función de la temperatura y humedad relativa del almacenamiento), ya que se necesita que sean iguales las intensidades de transmisión de O₂ y CO₂ del envase, y de respiración del producto. Una vez que se alcanza el equilibrio se pueden alcanzar concentraciones alrededor del producto de 2-5 % de O₂ y 3-8 % de CO₂. Dichas concentraciones permiten retrasar el proceso de maduración y deterioro, tales como degradación de clorofila, ablandamiento, oscurecimiento y disminución de daños por frío.

4.7.2.2. Atmosfera modificada activa.

Esta referida a la incorporación de aditivos en la matriz del envase o dentro del envase para modificar la atmósfera dentro del mismo y con ello prolongar la vida postcosecha del producto. Se pueden emplear absorbedores de O₂, absorbedores y liberadores de CO₂, liberadores de etanol y absorbedores de etileno. Sus costos son más elevados que la atmosfera modificada pasiva.

4.7.2.3. Empacado al vacío

Parry 1995, describe la tecnología de envasado al vacío como el método más simple y común de modificar la atmósfera interna de un envase. El producto se coloca en un envase formado con una lámina de baja permeabilidad al oxígeno, se elimina el aire y se cierra el envase. Con unas buenas condiciones de vacío, la concentración de oxígeno dentro del paquete se reduce por debajo del 1%; el paquete queda sellado con una presión interna entre 1 a 10 mbar y debido a la propiedad barrera de las láminas empleadas se limita nuevamente la entrada del O₂ desde el exterior; de esta forma, es el empaque el que crea una barrera de protección, la cual se espera sea la que proteja al producto durante su tiempo de vida útil. Es igualmente considerado como un tipo de atmósfera modificada, porque el aire es removido del empaque, pero en este caso no es reemplazado.

4.8. Películas plásticas utilizadas para el EAM de hortalizas

Existen muchos materiales plásticos disponibles para utilizarlos en el envasado, pero relativamente pocos han sido empleados para envasar productos frescos y menos aún que tengan una permeabilidad a los gases que cumpla los requisitos para su empleo en el envasado en AM. Debido a que la concentración de O₂ en el envasado AM disminuye, desde un 25% al 21%, existe el peligro de que la concentración de CO₂ aumente desde el 0,03 al 16 - 19% en el interior del envase. Este hecho se produce porque existe una relación 1:1 entre el O₂ consumido y el CO₂ producido. Como estas concentraciones de CO₂ podrían ser perjudiciales para la mayoría de las frutas y hortalizas, una película ideal debería permitir que saliera mayor cantidad de CO₂ que la de O₂ que entra. La permeabilidad del CO₂ debería ser 3-5 veces superior a la permeabilidad del O₂, dependiendo de la atmósfera que se desea obtener. Varios polímeros utilizados en la formulación de materiales plásticos satisfacen este criterio (InfoAgro 2008)

El uso de películas plásticas con baja permeabilidad permite desarrollar un producto estabilizado en una AM, a través de la respiración y disminuir la deshidratación que provoca marchitez y pérdida de turgor, junto con fragilidad (McDonald y Risse, 1990).

4.8.1. Tipos de películas

Algunos de los tipos de películas plásticas más empleados en productos de cuarta gama son:

4.8.1.1. Polietileno de alta densidad (HDPE).

Presenta una baja permeabilidad a gases, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde se requiere almacenamiento seguro de productos sensibles a la oxidación. Resistencia al calor puede mantener sus propiedades mecánicas incluso a temperaturas elevadas.

4.8.1.2. Polietileno de baja densidad (LDPE).

Presenta una inercia química relativa y su permeabilidad es moderadamente baja al vapor de agua, pero alta para el O₂. En general, la permeabilidad a los gases es alta, y también presenta un reducido efecto barrera frente a olores; los aceites esenciales pasan rápidamente a través de los polietilenos de baja densidad, relacionado con el LDPE está el etileno-acetato de vinilo (EVA), un copolímero de etileno y acetato de vinilo (normalmente con más del 4% de acetato de vinilo). El copolímero tiene mejores cualidades de soldadura; es decir, un umbral de temperatura de soldadura menor permite hacer el sellado a través de un cierto nivel de contaminación, como trazas de agua, condensación o grasa de los productos que se está

envasando. Su comportamiento no es comparable con el obtenido en el polietileno lineal de baja densidad o "Surlyn", pero podría ser un progreso respecto al polietileno de baja densidad estándar. El empleo de dos láminas de polietileno en las caras opuestas de una soldadura, con diferentes aditivos seleccionados, permite formar un cierre desprendible fuerte; en términos prácticos, una barrera adecuada y a pesar de todo desprendible (Parry 1995).

4.8.1.3.El polipropileno.

Es químicamente similar al polietileno y puede ser extruido o coextruido con un elemento monómero para proporcionar características de sellado por calor. El polipropileno de tipo orientado, aunque tiene mayores rangos de barrera frente al vapor de agua que el polietileno, también proporciona una mayor barrera a los gases (siete a diez veces), teniendo además una excelente resistencia a las grasas (Parry 1995).

4.8.1.4.El policloruro vinilo (PVC).

En su forma no plastificada, esta película es la lámina base termoformable más ampliamente utilizada para envasado en atmósfera modificada. El PVC posee una buena capacidad barrera frente a los gases y moderada al vapor de agua. Posee una excelente resistencia a grasas y aceites, y en su forma no plastificada, UPVC, es posible pulir, incluso formando bandejas planas o profundas (Parry 1995).

5. Objetivos

5.1.Objetivo General

Evaluar el efecto del empacado al vacío parcial como método de atmosfera modificada en la conservación de características fisicoquímicas, organolépticas y alargamiento de vida de anaquel de lechuga iceberg (*Lactuca sativa* var. capitata), de IV gama.

5.2.Objetivo Especifico

- Determinar mediante pruebas de laboratorio la mejor atmosfera modificada en cuanto al comportamiento de las características fisicoquímicas de la lechuga de IV gama que favorecen una mayor vida de anaquel.
- Evaluar por medio de pruebas sensoriales la mejor atmosfera modificada en la conservación de características organolépticas de la lechuga de IV gama.
- Investigar la mejor atmosfera modificada en el alargamiento de la vida de anaquel de la lechuga de IV gama

6. Metodología.

6.1.Descripción del lugar de estudió.

La investigación se llevó a cabo en la planta de procesamiento de frutas y hortalizas de la Estación Experimental y Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas (EPP), ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis talpa, La Paz, km. 57 de la carretera del Litoral El Salvador (Figura 2), con una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y coordenadas planas de 261.5 km Latitud Norte, 489.6 km Longitud Oeste. (Figura 2)



Figura 2. Vista satelital de la planta de procesamiento de cárnicos y la Estación Experimental y de Prácticas Facultad de Ciencias Agronómicas

Fuente: Google earth 2023©.

6.2. Metodología de Campo

6.2.1. Recolección y traslado de materia prima.

El estudio se realizó con la variedad de lechuga iceberg, esta materia prima se adquirió por medio de la distribuidora Israel S.A de C.V. dedicada a la comercialización de productos hortofrutícola, ubicada en el departamento de San Salvador. Se seleccionaron aquellas lechugas que presentaran una apariencia visual fresca, libre de daños físicos ocasionados por plagas, golpes durante el transporte, manejo o cualquier otro daño pudiera afectar la calidad de estas. En cuanto al material de empaque se usaron bolsas de polietileno de alta densidad, las cuales fueron adquiridas por medio de una plataforma de compras online.

Las lechugas fueron transportadas en una hielera previamente enfriada, con la finalidad de evitar generar estrés por cambio bruscos de temperatura que acelerara la tasa respiratoria,

transpiración y afectara la calidad de estas. La materia prima fue trasladada a la planta de procesamiento de frutas y hortalizas de la EEP, en donde se desarrolló el establecimiento y evaluación del experimento.

6.2.2. Materiales y Equipo

Cuadro 4. Materiales y equipos usados en el establecimiento del ensayo.

Materia prima	
Lechuga Icebrig	Rollos de bolsas gofradas (polietileno de alta densidad)
Equipo personal	
Gabacha	Redecillas
Guantes de latex	Mascarillas
Equipos y utensilios	
Selladora al vacío	cristalería de laboratorio
Refrigeradora	Cuchillos
Peachimetro	
Medidor de Co2	
Colorímetro	

6.2.3. Preparación de muestra

Recepción de materia prima

La materia prima (lechuga), fue llevada a la planta de procesamiento de la EEP, donde se observó el estado físico en el que esta llegó y que cumpliera con los requerimientos para el desarrollo del experimento. Esta no debía presentar daños físicos que alteraran las características organolépticas, ni el tiempo de vida útil del producto, así como estar libre de contaminantes físicos.

Pesaje

Se realizaron tres pesajes durante el proceso para conocer las mermas y rendimientos durante el proceso:

- Primer pesaje: se realizó al producto en bruto a su llegada a la planta para conocer el peso inicial de estos. (Figura 3)



Figura 3. Pesaje inicial de lechugas.

- Segundo pesaje: se realizó luego de desinfectar la lechuga, después de ser escurrida del excedente de agua. Este peso se utilizó para obtener el rendimiento.
- Tercer pesaje: se realizó al momento de empacar la lechuga. Este pesaje permitió empacar unidades experimentales con un peso homogéneo.

Selección y acondicionamiento

Se eliminaron las hojas de cobertura de la lechuga, retirando las primeras dos capas y aquellas hojas que presentaron daños mecánicos. Luego fueron colocadas en una tina con agua fría a una temperatura 5-8°C. Esta temperatura se mantuvo durante todo el proceso y de almacenamiento, lo que permitió disminuir la tasa respiratoria, el crecimiento microbiano, la actividad enzimática y la pudrición de los alimentos. Además, con esta temperatura se puede alcanzar una vida útil en hortalizas y frutas de hasta diez días. (Pefaur 2014).

Corte

Las lechugas fueron cortadas por la mitad para facilitar y optimizar el proceso de lavado y desinfectado permitiendo abarcar la superficie externa e interna de estas.

Lavado

Se lavaron las hojas de lechuga con agua potable, con el propósito de retirar cualquier contaminante físico que se encontrara en la superficie externa e interna de las hojas de lechuga. (figura 4).



Figura 4. Lavado de lechugas

Desinfectado

El proceso de desinfectado de las lechugas se realizó mediante una inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 0.5% por un tiempo de 5 minutos en agua previamente enfriada a 5° - 8°C. (figura 5).



Figura 5. Proceso de desinfectado de lechugas.

Enjuagado

Posteriormente se enjuagaron con abundante agua potable a baja temperatura hasta retirar los residuos del desinfectante, quedando de esta manera listas para el proceso de secado.

Secado

Para eliminar el exceso de agua adquirida durante el proceso de lavado y desinfección se procedió a dejar escurrir las hojas de lechuga. Para acelerar el proceso, se colocaron hojas de papel toalla las cuales absorbieron el exceso de agua. (figura 6).



Figura 6. Secado de lechugas para retirar exceso de agua.

Empacado

En la etapa de empacado se tomaron hojas de lechuga con características de color y textura similares con la finalidad de obtener muestras lo más homogéneas posibles. se pesaron 100 gramos de lechuga (con un margen de peso del 5%), correspondientes a una unidad experimental, en total se empacaron 18 unidades experimentales. Las muestras fueron empacadas en bolsas gofradas de polietileno de alta densidad, con una alta barrera al oxígeno y humedad.

Sellado

Las 18 unidades experimentales se dividieron en tres grupos o tratamientos de seis unidades cada uno, el primer grupo (T0), a las muestras se le aplicó un sellado simple (sin generar vacío), al segundo (T1), se le extrajo aire por un lapso de cuatro segundos, en cuanto al tercer grupo (T2), a estos se les extrajo el aire durante un periodo de ocho segundos. Para garantizar no infligir ninguna presión que pudiera afectar en la cantidad de aire extraído de cada muestra, al momento del sellado las muestras fueron sujetadas de los extremos sellados. (figura 7).



Figura 7. Muestras de lechuga empacadas y selladas

Almacenado

Las muestras se almacenaron en una refrigeradora a una temperatura de 5 °C. ubicada en la planta de procesamiento de productos cárnicos y lácteos de la EPP. (figura 8)



Figura 8. Muestras de lechuga almacenadas en refrigeración a una temperatura de 5°C.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de procesamiento de lechuga de IV gama empleado para el desarrollo de este ensayo (Figura 9).

Diagrama de flujo de procesamiento de lechuga de IV gama.

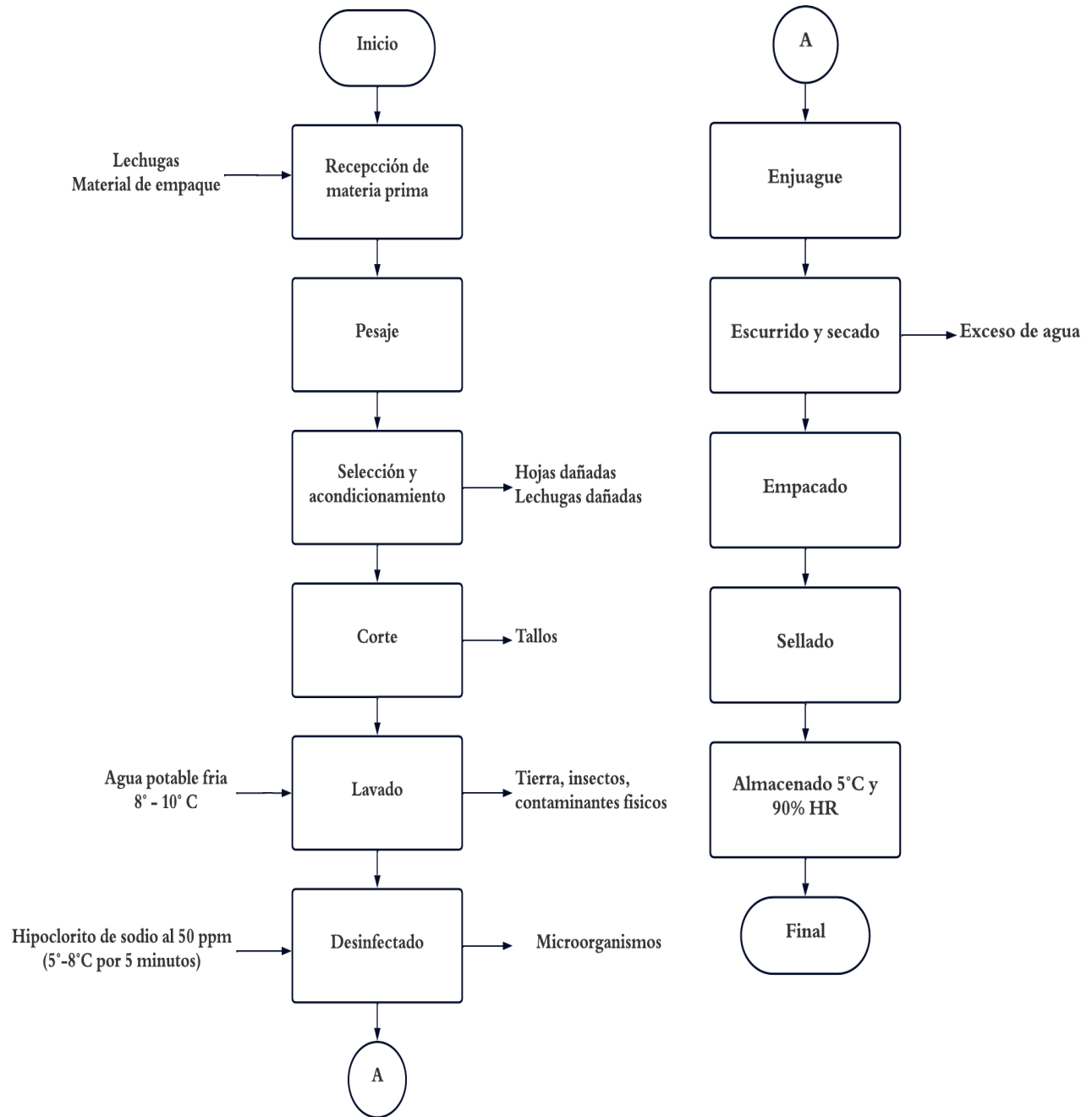


Figura 9. Flujo de proceso de lechuga de IV gama.

6.3.Tratamientos y diseño experimental

Para el establecimiento del ensayo, se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres tratamientos (métodos de empaçado), y seis repeticiones. Los tratamientos consistieron en los métodos de empaçado al vacío parcial, que para efecto del ensayo se planteó de la siguiente manera: Empacado simple sin extraer aire del empaque (T0, testigo), Empacado al vacío parcial por 4 segundos (T1), Empacado al vacío parcial por 8 segundos (T2). (cuadro5).

Cuadro 5. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Método de empaçado	Descripción
T0	Empacado Simple	Las muestras fueron empaçadas en bolsas de polietileno de alta densidad.
T1	Empacado al vacío parcial por 4 segundos	Las muestras fueron empaçadas en bolsas de polietileno de alta densidad y se realizó una extracción de aire durante 4 segundos generando un vacío parcial.
T2	Empacado al vacío parcial por 8 segundos	Las muestras fueron empaçadas en bolsas de polietileno de alta densidad y se realizó una extracción de aire durante 8 segundos generando un vacío parcial.

Por cada tratamiento se establecieron seis unidades experimentales dando un total de 18 unidades experimentales entre los tres tratamientos. Se tomó una muestra al azar por tratamiento cada dos días hasta llegar a un periodo de 14 días, dando un total de 7 repeticiones.

Las unidades experimentales fueron empaçadas en bolsas gofradas de polietileno de alta densidad con medidas de 25cm de alto x 20 cm de ancho. (cuadro 6)

Cuadro 6. Arreglo espacial del diseño completo de bloques al azar.

Tratamientos	Bloques					
	I	II	III	IV	V	VI
T0= Empacado simple	T1	T0	T2	T1	T0	T2
T1= empacado al vacío parcial por 4 segundos	T0	T2	T0	T2	T1	T0
T2= empacado al vacío parcial por 8 segundos	T2	T0	T1	T0	T2	T1

6.4. Metodología de laboratorio

6.4.1. Parámetros físicos

Determinación de color

La variación del color de las hojas de lechuga se evaluó por medio de un colorímetro (Konica Minolta CR-400), que registra los valores de Luminosidad (L^* 100= blanco puro, 0= negro puro), cromátida *a (+a=rojo, -a= verde), cromátida *b (+b=amarillo, -b=azul). A partir de los análisis realizados se reporta la luminosidad, ángulo Hue y Croma. (figura 10)



Figura 10. Evaluación de color.

Pérdida de peso

Para determinar el porcentaje de deshidratación se seleccionó al azar una muestra de cada uno de los tratamientos, las cuales fueron pesadas en una balanza semi-analítica de la marca SCALTEC modelo SPO51, desde el día uno hasta la finalización del ensayo. Los pesos fueron registrados para llevar un mayor control y poder verificar con mayor precisión el o los tratamientos con un mayor porcentaje de deshidratación. Para la determinación del porcentaje de deshidratación se aplicó la siguiente fórmula.

$$\text{porcentaje de deshidratación} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

6.4.2. Parámetros químicos

Medición de pH.

El pH fue medido por medio de un pHmetro de la marca Oakton modelo pHTestr 30. Para el análisis se tomaron 50 gramos de lechuga y se coloraron en un molcajete cerámico, en donde se trituraron por completo las hojas hasta extraer el contenido líquido de estas. La muestra líquida extraída fue filtrada y trasladada a un beaker o vaso de precipitado de 100 ml, en donde se realizó la medición de pH introduciéndolo en la muestra extraída. (figura 11).



Figura 11. Medición de pH

Acidez titulable.

Este parámetro se determinó a partir de 20 ml de muestra extraída de los 50 gr de lechuga tomados para el análisis de pH, se colocaron 3 gotas de indicador (fenolftaleína), y se realizó la titulación con NaOH al 0.1 N, haciendo uso de una bureta de 25 ml, los resultados se

expresaron como porcentaje de ácido cítrico, al ser el ácido con mayor porcentaje dentro de la composición de la lechuga. (Figura 12)



Figura 12. Medición de gases generados por tasa respiración de las muestras

Para la determinación del porcentaje de acidez se hizo uso de la siguiente formula:

$$\%acidez = \frac{A * B * C}{D} * 100$$

Donde:

A: Cantidad en ml de base o NaOH gastado.

B: Normalidad de la base usada en la titulación (0.1 N).

C: Peso equivalente expresado en gramos de ácido predominante del fruto

D: Peso de la muestra en gramos.

6.4.3. Parámetros fisiológicos

Tasa de Respiración

La tasa respiratoria de las muestras de lechuga se determinó a temperatura ambiente, mediante un sistema estático y consistió en la colocación de 100 gr de lechuga en un frasco de 1000 ml cerrado herméticamente durante 30 minutos o hasta alcanzar una producción de CO₂ igual o mayor al 0.5%. Por medio de una aguja conectada a un analizador de gases Dansensor modelo CheckPoinT2 se determinará la concentración de CO₂ y O₂ cada 10 minutos y de esta manera poder llevar un registro que facilite determinar la tasa de respiración de cada una de las muestras. La cuantificación de la concentración de estos gases se realizó a los 1, 3, 4, 7, 9, 11 y 14 días. (Figura 13).



Figura 13. Medición de gases generados por tasa respiración de las muestras

La tasa respiratoria en términos de generación de CO₂ y consumo de O₂ se determinó a partir de la pendiente de una ecuación lineal que representa la relación entre la concentración del gas (%), y el tiempo (min).

Para la determinación de la tasa de respiración se hizo uso de la formula.

$$\text{mlCO}_2\text{Kg}^{-1} * \text{h}^{-1} = \frac{\Delta\text{CO}_2}{100} * \frac{\text{Vol. libre (ml)}}{\text{peso muestra}} * \frac{1}{\text{horas}}$$

kg

6.4.4. Evaluación sensorial u organoléptica.

Para evaluar el efecto de los tratamientos en la conservación de las características organolépticas, se empleó un método de análisis descriptivo cuantitativo con un panel de 10 evaluadores no entrenados.

La recopilación de la información brindada por los evaluadores durante la prueba hedónica se realizó mediante una ficha de evaluación sensorial, con una escala de 10 puntos por atributo (anexo 1), siendo 1 “desagradable” y 10 “totalmente agradable”. Los atributos sensoriales que se evaluaron fueron: color, olor, sabor y textura.

Para facilitar las interpretaciones de los valores otorgados a cada atributo por los evaluadores, se establecen los siguientes criterios asignados a cada valor. (cuadro 7)

Cuadro 7. Valoración de criterios para prueba Hedónica.

VALOR	CRITERIO
1-2	Desagradable
3-4	Ligeramente desagradable
5-6	No me agrada, ni me desagrada
7-8	Poco agradable
9-10	Agradable

Para cada atributo se diseñó una recta de 10 centímetros, con la finalidad de obtener con mayor precisión la calificación otorgada por los panelistas a los atributos evaluados. (figura 14).

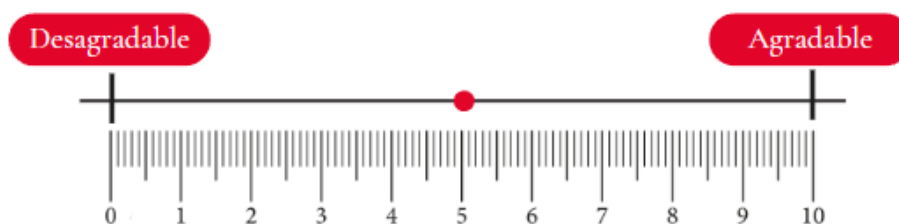


Figura 14. Escala para evaluación de atributos sensoriales.

6.5. Metodología estadística.

Los datos y valores obtenidos durante el estudio se recopilaron y ordenaron en una base de datos generada en Microsoft Excel, lo que facilitó el ingreso de los valores a la base de datos del software estadístico InfoStat, donde se realizó la verificación de supuestos, distribución normal y la homogeneidad de la varianza y la técnica de análisis de varianza (ANVA), que permitió comprobar si los tratamientos en estudio presentaron efectos significativos en la conservación de características organolépticas y alargamiento de la vida útil de la lechuga de IV gama y la prueba de comparación de medias (Prueba de Tukey) para identificar los tratamientos que presentaron los mejores efectos. La aditivita se aplicó con el modelo lineal con la siguiente fórmula: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$.

7. Análisis e interpretación de Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la investigación obtenidos mediante la evaluación de parámetros físico, químicos y fisiológicos para la evaluación del efecto del empacado al vacío parcial en la conservación de características organolépticas y alargamiento de vida de anaquel de lechuga iceberg de IV gama.

7.1.Resultados Parámetros físicos.

7.1.1. Evaluación de color por colorimetría.

7.1.1.1. Luminosidad Blanco puro - Oscuro(L*).

Los resultados promedio de luminosidad para T0, T1 y T2 fueron 69.52, 63.32 y 62.89. Durante la lectura de los valores de L* (anexo 2, cuadroA1), en el día 1, día 3 y 4. No se presentaron variaciones estadísticamente significativas. Siendo hasta el día 7 en el que se observó un incremento en el valor del de L* donde T0 fue quien presento un efecto más significativo en esta variable al alcanzar una luminosidad de 70.68 y manteniendo valores por encima de 70 hasta la finalización del ensayo en el día 14, caso contrario a T1 y T2 que se mantuvieron durante todo el ensayo con valores en L* similares que no llegaron a superar los 67. Estos incrementos en los valores de L* para T0 pueden atribuirse al amarillamiento del tejido fotosintético de la lechuga, así como al estado de madures en el que se encontraba y a la influencia de los gases dentro el empaca. Al comparar los resultados de Toledo (2009), quien evaluó el color de lechuga escarolada fresca, obtuvo valores de luminosidad de 55.08, que, se puede identificar que el tratamiento T2 fue quien presento el menor incremento en sus valores de luminosidad comparado, con una variación de 8 unidades comparado con los resultados de Toledo. (figura 15)

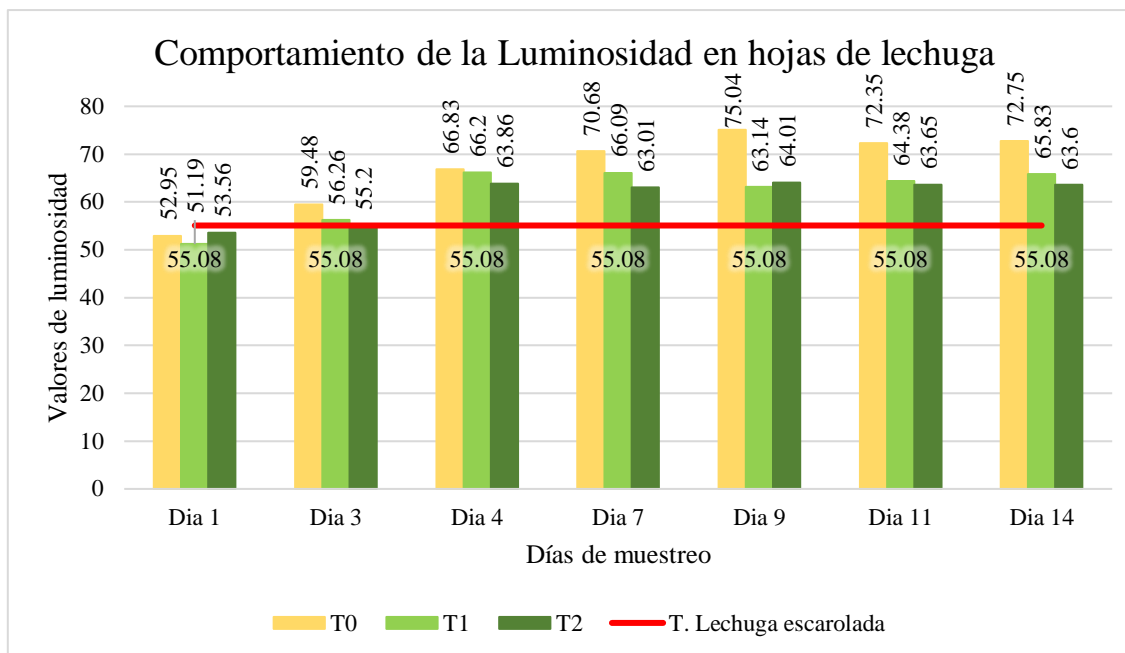


Figura 15. Comportamiento de luminosidad en hojas de lechuga de IV, bajo empacado al vacío parcial. con un p valor de 0.0016, identificando los mejores efectos en los tratamientos T1 y T2 después de aplicar la prueba de Tukey.

Al aplicar la prueba de comparación de medias de tukey, se obtuvo que los valores promedios para L^* fueron para T0, T1 y T2 fueron 69.52, 63.32 y 62.89, con lo que identifica que T0 presento variaciones significativas de L^* comparado a T1 y T2 quienes mantuvieron valores similares, con un nivel de significancia del 5%.

7.1.1.2. Coordenadas cromáticas a^* (+rojo a -verde).

Al evaluar la variable cromática a^* en los tres tipos de empacado se observaron valores negativos lo que significa que el color de las muestras se mantuvo dentro del rango de la tonalidad verde. Durante los primeros siete días del estudio se obtuvieron datos similares sin variaciones significativas (anexo 2, cuadroA1), siendo a partir del noveno día en el que se identificaron cambios en los valores de T0(-13.57) y T2 (-13.23) presentado un aumento en los valores de la cromática a^* , lo que se interpreta como un cambio hacia tonos menos verdes, siendo constantes en ambos tratamientos hasta el día 14 en el que finalizo el estudio. En El caso de T1 (-11.78), este de igual manera presento un aumento en los valores de la cromática a^* , que comparado a los T0 y T2 fue menor por lo que se podría asociar la concentración de gases dentro de este empaque a la conservación de la tonalidad verde de esta muestra de lechuga. Al comparar los resultados de Toledo (2009), quien evaluó el color de lechuga

escarolada fresca, obtuvo valores de coordenada cromática a* -11.22, se puede identificar que el tratamiento T1 fue quien presento una menor variación de color respecto a esta cromática al mantener sus valores más cercanos a los iniciales y a los obtenidos por Toledo. (figura 16).

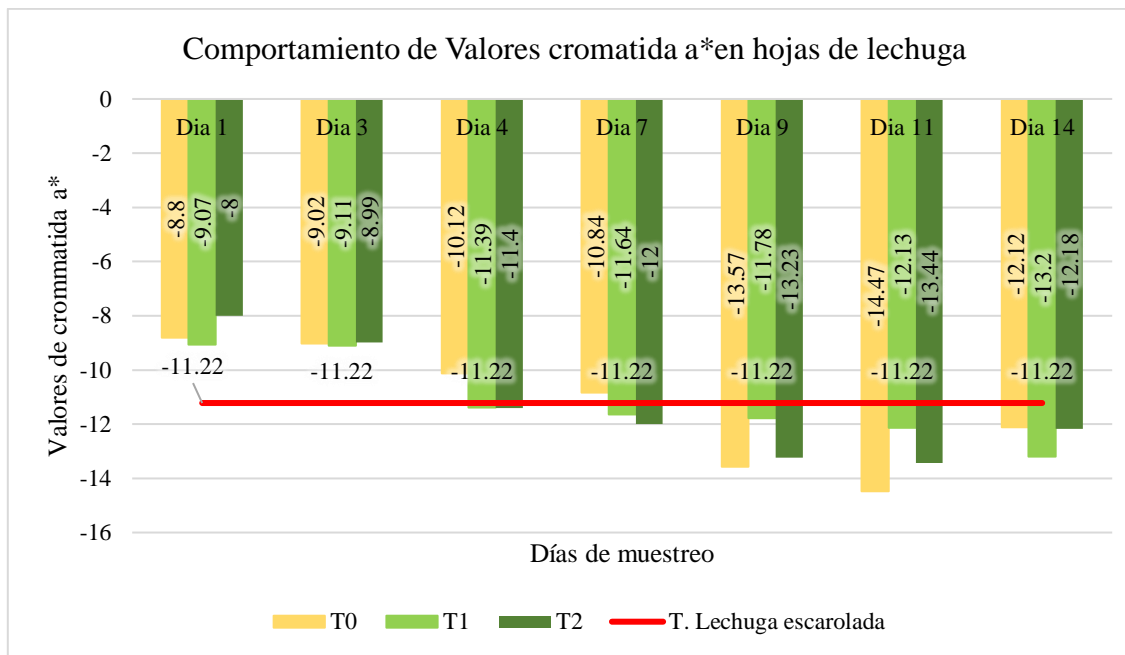


Figura 16. Comportamiento de la coordenada cromática *a, en hojas de lechuga de IV gama, empacadas al vacío parcial. con un p-valor de 0.8246. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

7.1.1.3. Coordenadas cromáticas b*(+amarillo a -azul).

Los resultados obtenidos mediante la evaluación de las coordenadas cromática b* (+azul y – amarillo), reflejaron un comportamiento similar tanto en T0, T1 y T2 (anexo 2, cuadroA1), hasta el día tres del ensayo, siendo a partir del día cuatro en el que T0 presento un incremento en los valores de la cromática b* que se mantuvo constante hasta la finalización del ensayo en el día 14, este incremento está relacionado con una coloración amarillenta en el pigmento de las hojas observado en las muestras de T0, en el caso de T1 y T2 las variaciones en las coordenadas de cromáticas de b* fueron similares durante el ensayo. Al comparar los resultados de Toledo (2009), quien evaluó el color de lechuga escarolada fresca, obtuvo valores de coordenada cromática b* 23.78, se puede identificar que los tratamientos T1 y T2 presentaron una menor variación de color respecto a esta cromática al mantener sus valores más cercanos a los iniciales y a los obtenidos por Toledo. Esto podría estar relacionado a las

bajas concentraciones de O₂, que se generaron al modificar la atmosfera del empaque mediante el sellado al vacío aplicado en ambos tratamientos los que retraso sus procesos fisiológicos favoreciendo a conservar su coloración por más tiempo. (Figura 17)

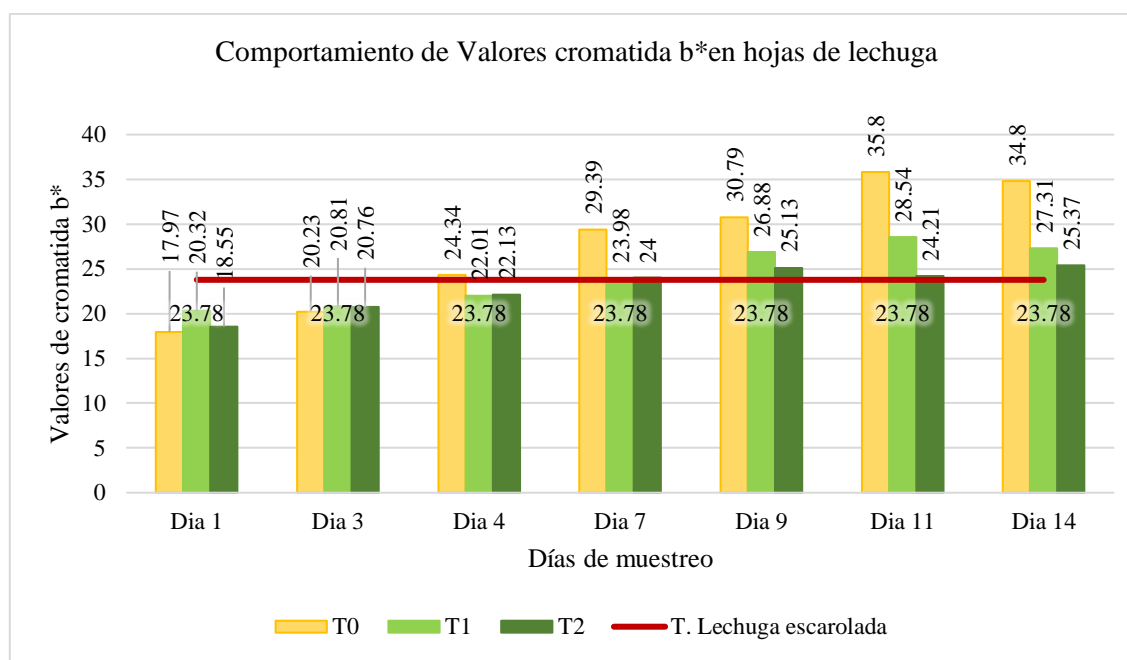


Figura 17. Comportamiento de la coordenada cromática b* en hojas de lechuga de IV, bajo empacado al vacío parcial. con un p valor de 0.0044, identificando los mejores efectos en los tratamientos T1 y T2 después de aplicar la prueba de Tukey.

7.1.2. Pérdida de peso

Mediante la evaluación del análisis de varianza para la variable pérdidas de peso (anexo 3, cuadroA2), en los métodos de empacados de vacío parcial en estudio para lechuga de IV. Se identificaron porcentajes de pérdidas de peso estadísticamente significativas, para los factores tratamientos y bloqueo de la variable estudiada con un 95% de confiabilidad. Siendo el testigo T0 (empacado simple), quien registro una pérdida del 7.29% (7 gramos) de su peso, transcurridos los 14 días de duración del ensayo, mientras que los tratamientos T1 (Empacado al vacío parcial por 4 segundos), y T2 (Empacado al vacío parcial por 8 segundos), que registraron pérdidas de 4.13% (4.20 gramos), y 4.27% (4.30 gramos), respectivamente. (figura 18)

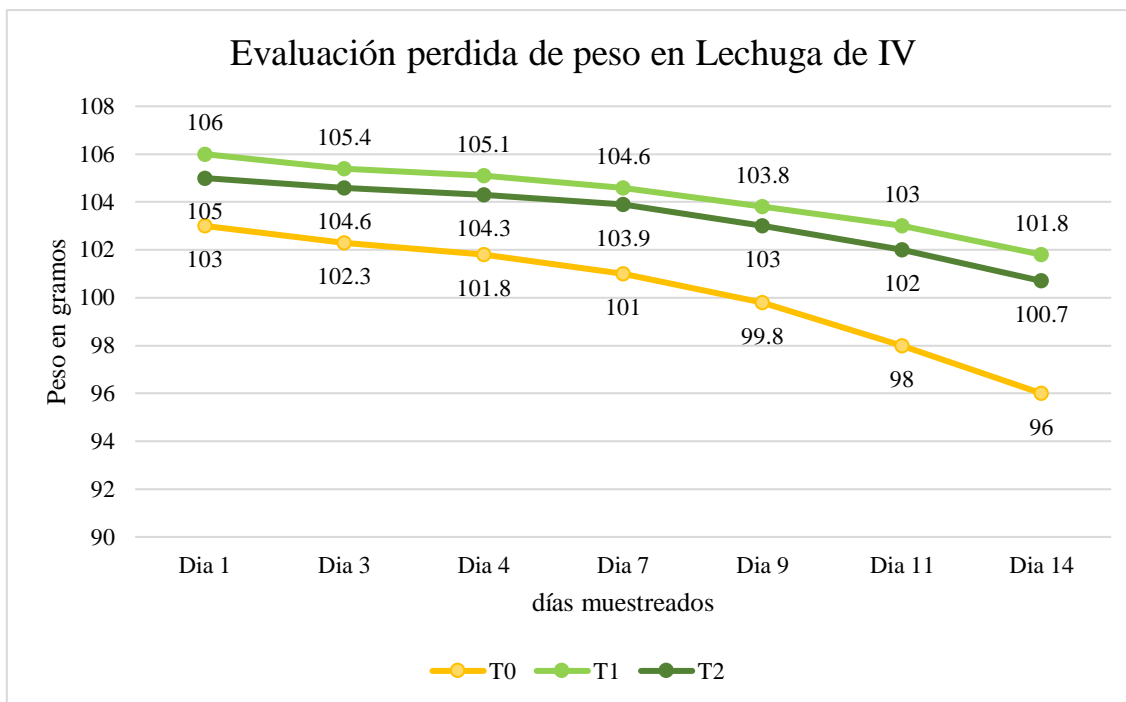


Figura 18. Comportamiento variable pérdida de peso en hojas de lechuga de IV, bajo empacado al vacío parcial. Estadísticamente significativos. identificando los mejores efectos en los tratamientos T1 y T2 después de aplicar la prueba de Tukey.

Respecto a la pérdida de peso de lechuga de IV, Jiménez 2020, en su estudio Evaluación de técnicas de preservación de hortalizas de IV. Al evaluar el porcentaje de pérdida en lechuga durante 14 días, presentaron un comportamiento creciente respecto al porcentaje de pérdida diario similar al de este estudio, alcanzando un 6.07% de pérdida de peso, lo que sería un 1.22% menor al porcentaje de pérdida presentado por T0, pero 1.94% y 1.8% superior respecto a T1 y T2. Siguiendo la línea del producto de IV, Smeu y Popa (2011), evaluaron lechuga romana de IV sin empacar, obteniendo pérdidas de un 24.93% al segundo día y llegando a un 35.11%.

En comparación a estos estudios los resultados obtenidos mediante a la evaluación de sellado al vacío parcial como método de atmosfera modificada para la conservación de lechuga de cuarta gama, tanto T1 y T2 tuvieron efecto positivo en la reducción del porcentaje pérdida de peso de la lechugada IV gama en comparación a T0. Este efecto positivo podría atribuirse a la reducción de O₂ dentro del empaque y el aumento de CO₂, gases que influyeron en los procesos fisiológicos de las muestras de lechuga.

7.2. Parámetros químicos

7.2.1. pH (potencial de Hidrogeno).

Al analizar el comportamiento de los valores promedio de pH (figura 19), de los tratamientos, se observó que estos no presentaron variaciones estadísticamente significativas (anexo 4, cuadro A3), durante el periodo de almacenamiento y estudio, manteniendo valores de pH promedio de 6.70 para los tres tratamientos. Siendo el tratamiento T2 quien presento los valores de pH más altos llegando hasta los 6.87. Estos resultados son similares a los presentados por Moscoso (2015), quien evaluó dos tipos de empaque en lechuga Romana de IV gama, en su estudio obtuvo valores de pH de 6.77, expresando que no se observaron variaciones significativas entre el testigo y los tratamientos. De igual manera Lardizábal (2005) reporta que la lechuga de repollo tiene un rango de pH de 6.0 – 7.0, por lo tanto, todas las muestras analizadas tienden a ser neutras. Por otra parte, Colome (1999), señala que el pH es uno de los parámetros que presenta menor variación durante el período de postcosecha de las hortalizas. Diversos estudios muestran pocos o ningún cambio con el tiempo, incluso con la modificación de factores externos como temperatura y aumento de CO₂. En cuanto a los valores de pH cercanos a un valor neutro obtenidos en este ensayo podrían estar influenciados por el grado de madures de las lechugas, la variedad estudiada y el consumo de los ácidos orgánicos presente en esta.

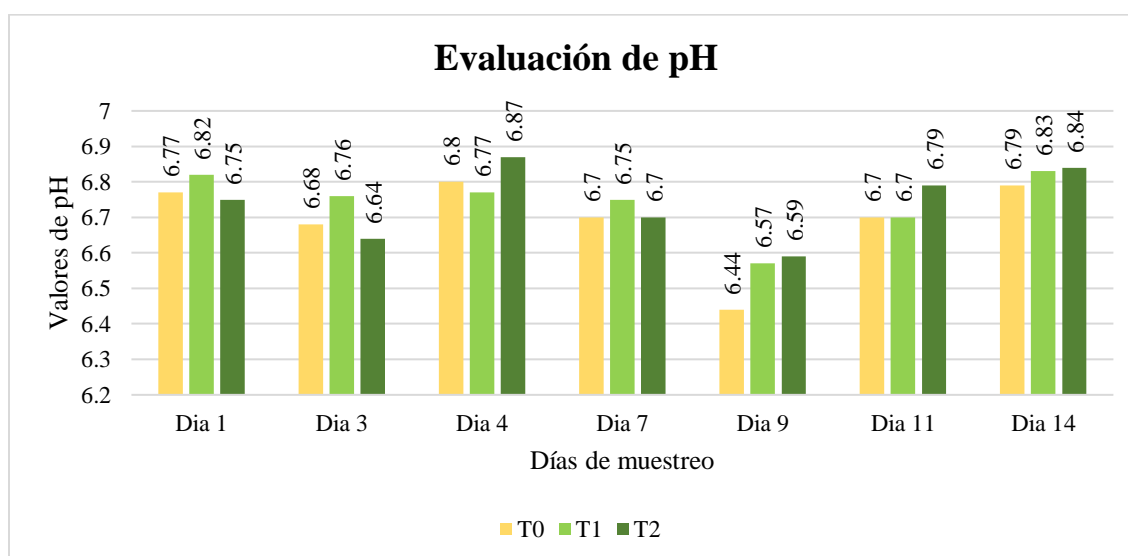


Figura 19. Comportamiento de la variable pH en hojas de lechuga de IV, bajo empackado al vacío parcial, no presento diferencias estadísticamente significativas con un p-valor de 0.16

7.2.2. Porcentaje de acidez titulable en hojas de lechuga

Al evaluar mediante el análisis de varianza los valores en porcentaje de ácido cítrico de la variable acidez titulable para los métodos de empacado al vacío parcial (T0, T1 y T2), durante los 14 días de duración del ensayo. Se identificó que el factor tratamiento y bloque no presentaron efectos estadísticamente significativos para esta variable con un nivel de confianza del 95% (anexo 4, cuadroA3).

Observando la figura 20, en donde se muestra el comportamiento del porcentaje de acidez expresado en porcentaje de ácido cítrico, para los tratamientos. Se puede apreciar que las muestras de lechuga del tratamiento T0 (sellado simple), a partir del día 4 presento una disminución significativa respecto al porcentaje de acidez, llegando en al séptimo día al valor más bajo 0.035%, repitiendo este valor en el día 14. En cuanto a T1 (sellado al vacío parcial por 4 segundos), tuvo un comportamiento similar al presentar una disminución en el cuarto día y manteniendo un porcentaje de acidez constante de 0.048 % - 0.045% hasta el día 14. Siento el tratamiento T2 (sellado al vacío parcial por 8 segundos), quien presento un mayor incremento en el porcentaje de ácido cítrico en comparación a los tratamientos alcanzando un 0.061% el día 14. Este incremento podría estar relacionado a una producción de bacterias ácido lácticas generada por un metabolismo anaerobio (Rodriguez et.al. 2018)

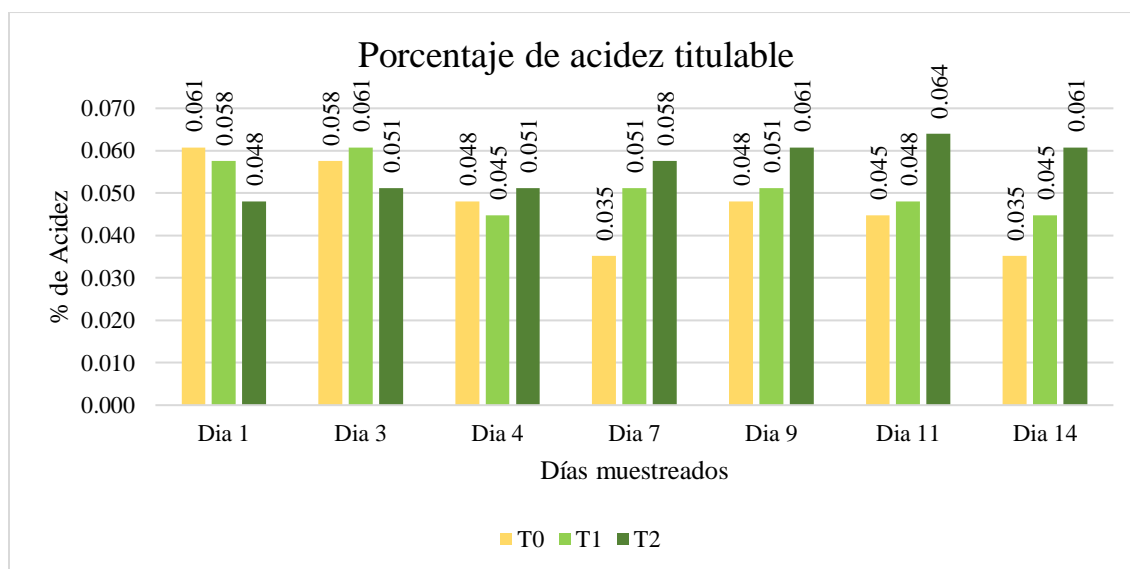


Figura 20. Comportamiento de la variable acidez titulable en hojas de lechuga de IV, bajo empacado al vacío parcial. con un p valor de 0.49, por lo cual no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Por otra parte, Ulrich (1970), señala que la acidez titulable no es una medida de acidez total definida como la de ácidos presentes libres y combinados con cationes, sino una medida de cambios de concentración de ácidos orgánicos del fruto y hortalizas. El ácido cítrico es el más abundante de la lechuga, seguido del málico, razón por la que los resultados de acidez se expresan en cantidad de ácido cítrico. En altas cantidades de dióxido de carbono solo producen aumentos de ácido cítrico en el tejido externo. Por lo que su enunciado podría tener relación con respecto al comportamiento T1 y principalmente T2, que, al poseer una menor cantidad de oxígeno y mayor porcentaje de dióxido de carbono dentro del empaque, influyo en mantener un porcentaje de acidez constante para T1 y un incremento en estos valores para T2.

7.3. Parámetros fisiológicos.

7.3.1. Porcentaje de CO₂ dentro del empaque

Al evaluar mediante el análisis de varianza los porcentajes de CO₂ la variable tasa de respiración dentro del empaque para los métodos de empacado al vacío parcial (T0, T1 y T2) durante los 14 días de duración del ensayo (anexo 5, cuadroA4). Se identifico que el factor tratamiento y bloque presentaron efectos estadísticamente significativos para esta variable con un nivel de confianza del 95%.

Las muestras empleadas en este ensayo se encontraron en una combinación de atmosfera modificada pasiva, que es creada por la respiración del producto y la permeabilidad de los empaques utilizados. (Kader 2002).

Los métodos de empacado al vacío parcial aplicados a las muestras de lechuga de cuarta gama influyeron en la concentración de O₂ y CO₂ al interior de los empaques. Partiendo del día tres del montaje del ensayo se registraron las variaciones en las concentraciones de CO₂ para los métodos de empacado al vacío parcial, identificando las muestras de T2 (empacado al vacío parcial por 8 segundos), quienes registraron una mayor variación en su concentración de CO₂ alcanzando un 7.6%, duplicando este porcentaje de CO₂ para el día siete al alcanzar 14.6%, llegando hasta un 18.6% en el día 14.

Con un comportamiento similar al de T2 las muestras de T1 (empacado al vacío parcial por 4 segundos), del día tres al día cuatro duplico su porcentaje de CO₂ pasando de 4.0% a 8.1%,

del día siete hasta el día 14, se continuó registrando un incremento hasta alcanzar un 13.2% con una diferencia de 5.4% por debajo de T2.

En cuanto a T0 (Empacado simple), presento un comportamiento similar respecto al porcentaje de CO₂, con la diferencia que en comparación a los otros dos tratamientos su incremento fue menor y más lento presentando un porcentaje de 1.6% para el día tres y 8.9% para el día 14. Porcentaje que fue alcanzado por los otros tratamientos entre el día tres y cuatro del ensayo. Los porcentajes registrados por T0 se encuentran en el rango de los resultados obtenidos por Toledo (2009), quien después de almacenar lechuga variedad milanesa por 7 días obtuvo un 7.29% de CO₂. Por otra parte, Faber et al. (2003), recomienda una composición atmosférica de 5-10% de CO₂ para la conservación y almacenamiento de lechuga de IV gama. (figura 21)

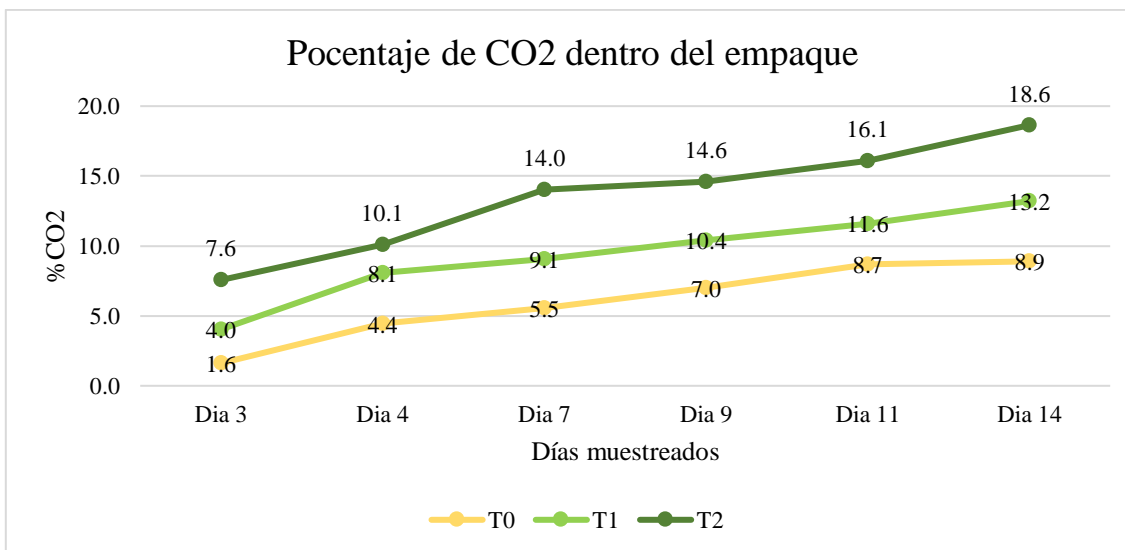


Figura 21. Comportamiento de la variable porcentaje de CO₂ dentro del empaquen en hojas de lechuga de IV, bajo empacado al vacío parcial. Mediante la prueba de Tukey se identificó a T1 y T2, con los porcentajes más altos de CO₂

Smyth et al. (1998), señala que grandes variaciones en las tasas de respiración del producto suelen dar concentraciones de O₂ muy altas o bajas en el interior del envase, produciendo el desarrollo de decoloración de tejido cuando el O₂ está en exceso y daño cuando la concentración de CO₂ es excesiva. Ambas observaciones señaladas por Smith et al. fueron identificadas en T0 y T2. El primero al tener un mayor porcentaje de O₂, presento una mayor decoloración de sus tejidos, presentando una coloración amarillenta y en el caso de T2, al

tener un mayor porcentaje de CO₂, presento ablandamiento de sus tejidos y oscurecimiento de en algunas áreas.

Tasa de respiración cabeza dentro del frasco

Uno de los principales efectos de la atmósfera modificada es la disminución de la tasa respiratoria, lo cual reduce la tasa de descomposición del sustrato, la producción de CO₂, el consumo de O₂ y la liberación de calor. Lo que resulta en un metabolismo más lento y potencialmente una vida de almacenaje más larga, (Zagory y Kader ,1988)

Al evaluar mediante el análisis de varianza la producción de CO₂ de la variable tasa de respiración en los métodos de empacado al vacío parcial (T0, T1 y T2), durante los 14 días de duración del ensayo. Se identifico que el factor tratamiento y bloque no presentaron efectos estadísticamente significativos para esta variable con un nivel de confianza del 95% (anexo 6, cuadroA5).

Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza podrían estar relacionados a los factores a los que fueron expuestas las muestras durante la medición de su tasa respiratoria, considerando que al ser medidas bajo las mismas condiciones presentaron un comportamiento similar, respecto al tiempo necesario para alcanzar una producción de CO₂ igual o superior al 5%, ya que se considera que valores superiores a este porcentaje en una atmosfera a temperatura ambiente afecta la calidad del producto y acelera la degradación de sus tejidos. Pero al observar detalladamente el comportamiento de los resultados de las muestras, se identifica una variación en la producción de CO₂ alcanzada en cada día de muestreo.

Se puede observar que la intensidad respiratoria el día 0 (día del montaje del ensayo), fue igual para los tres tratamientos alcanzando su máxima intensidad respiratoria a los 40 minutos, este comportamiento se mantuvo en T1 y T2 el día 3 del muestro, caso contrario para T0, quien alcanzo una intensidad respiratoria arriba del 5% (0.68 ml CO₂ Kg⁻¹*h⁻¹). A partir del día 7 se observó un incremento de la intensidad respiratoria en T0(empacado sencillo), y T2 (empacado al vacío parcial por 8 segundos), alcanzando sus picos de producción de CO₂ a los 10 minutos, los cuales llegaron a 1.49 ml CO₂ Kg⁻¹*h⁻¹ y 3.4 ml CO₂ Kg⁻¹*h⁻¹, respectivamente. En el caso de T1 su pico de producción de CO₂, lo alcanzo en el

día 11 llegando a un volumen de $2.85 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Entre el día 11 y el día 14 tanto las muestras de T0, T1 y T2, presentaron una disminución en su producción de CO_2 , esta podría atribuirse a un equilibrio en la atmosfera interna del empaque o una disminución de O_2 y aumentó de CO_2 que retrasara la tasa respiratoria de las muestras, influyendo en la pérdida de peso y conservaciones de características sensoriales del producto. (Figura 22)

En un estudio similar, Kader (2002) encontró que las intensidades de respiración de las lechugas de la variedad Iceberg en tamaños de 2 a 3 cm aumentan hasta un 200% comparada con la lechuga entera.

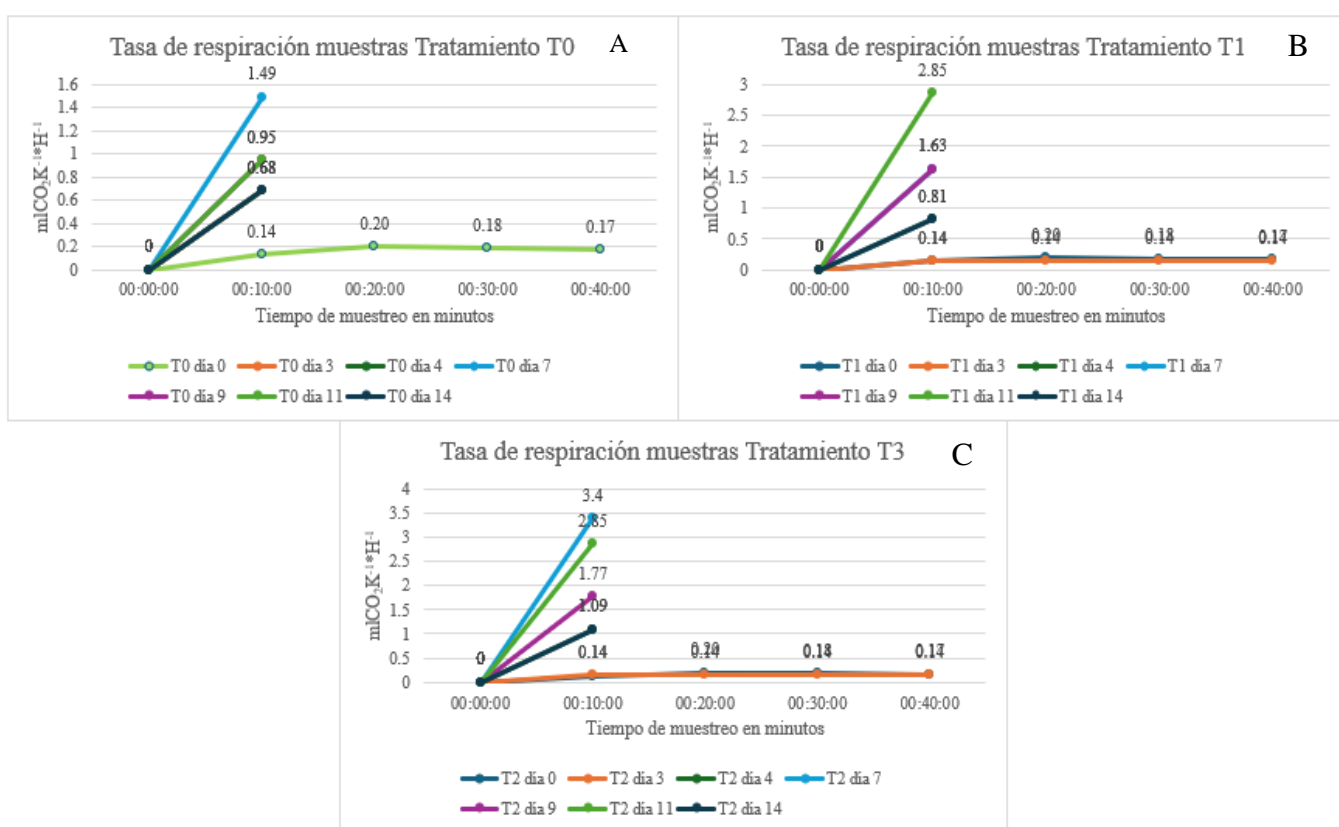


Figura 22. Evaluación del comportamiento de la Taza respiratoria de las muestras de hoja de lechuga de IV gama empacadas al vacío parcial, T0 (A), T1 (B), T2 (C), durante 14 días. Presentando las tazas respiratorias más altas el tratamiento T2 de acuerdo con los resultados obtenidos por la prueba de comparación de medias de Tukey.

7.4. Análisis sensorial.

Los resultados del análisis sensorial permitieron conocer el comportamiento de las características organolépticas de las muestras evaluadas, mediante la percepción de los panelistas. Dando como resultado el nivel de conservación de los atributos color, sabor, textura y olor a lo largo del ensayo. Este análisis según Salinas, et.al (2007), tiene además la capacidad de determinar y limitar el tiempo de vida de anaquel de una fruta o vegetal fresco cortado.

En la figura 23, se puede observar que el tratamiento que presentó los mejores resultados respecto a la conservación de variables organolépticas fue T1 (empacado al vacío parcial por 4 segundos), sobresaliendo en el atributo sensorial color a lo largo del ensayo (anexo 7, cuadro A6), con un promedio de 9.4, al presentar una mejor conservación en la coloración característica de las hojas de lechuga. También presentó los mejores resultados respecto al atributo textura con una calificación promedio de 8.6; respecto al atributo sabor, tanto T1 (empacado al vacío parcial por 4 segundos), y T2 (empacado al vacío parcial por 8 segundos), obtuvieron las mejores calificaciones con un promedio de 9. Respecto al atributo olor tanto T0, T1 y T2; obtuvieron una valoración similar con un promedio de 9, por lo que la diferente concentración de gases dentro de la atmósfera del empaque no tuvo influencia en este atributo.

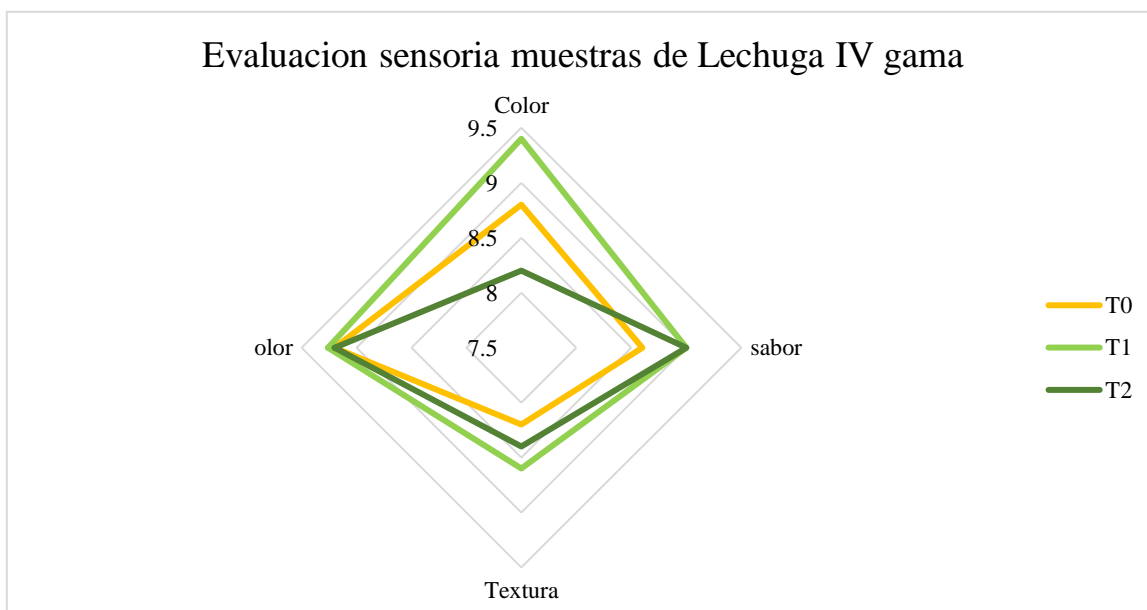


Figura 23. Evaluación sensorial de los atributos, color, sabor, textura y olor en lechuga IV gama, empacada en vacío parcial.

8. Conclusiones

Mediante esta investigación, se pudo determinar que el empaçado al vacío parcial como método de atmosfera modificada evaluados no tuvieron efectos significativos en las variables químicas (pH y Acidez titulable), de la lechuga iceberg de IV gama y las pequeñas variaciones observadas fueron desencadenadas por los procesos fisiológicos.

La variación en la coloración de las muestras de lechuga de cada uno de los tratamientos se vio influenciada por la concentración de gases dentro de los empaques, por lo que aquellas muestras con un mayor porcentaje de O₂ presentaron una mayor decoloración de sus pigmentos pasando de un color verde a un color amarillento, como fue en el caso de T0 (empaçado sencillo), siendo los tratamientos T1 y T2 con una concentraciones menor de O₂ y mayor CO₂, quienes mantuvieron una mejor conservación color.

El análisis de pérdida de peso permitió identificar un efecto significativo en los tratamientos T1 y T2, a los que se aplicó un sellado al vacío parcial, lo que generó una alteración en las concentraciones de gases dentro de la atmosfera de los empaques, reduciendo el porcentaje de O₂ y aumentando los niveles de CO₂, influyendo en las actividades fisiológicas de la lechuga, lo que favoreció en reducir el porcentaje de pérdida de peso, registrando porcentajes de 4% de pérdida de peso total al finalizar el ensayo a los 14 días.

Mediante esta investigación se pudo determinar que tanto los tratamientos T1 (empaçado al vacío parcial por 4 segundos), y T2 (empaçado al vacío parcial por 8 segundos), no presentaron variaciones estadísticamente significativas en cuanto a parámetros fisicoquímicos. Caso contrario en la conservación de características organolépticas en donde T1 obtuvo los mejores resultados.

Una atmosfera dentro del empaque con concentraciones de 4% - 6% de O₂ y 10% - 11% de CO₂ como las alcanzadas por T1 (empaçado al vacío parcial por 4 segundos), genera efectos favorables en la conservación de las características organolépticas de lechuga de IV gama, al generar un equilibrio entre las concentraciones de gases interna, disminuyendo la tasa respiratoria y demás procesos fisiológicos del producto.

El método de empaque T1 (empaçado al vacío parcial por 4 segundos), presentó los mejores niveles de aceptación en cuanto a la conservación de las características organolépticas,

principalmente en color, sabor y textura, por lo cual se concluye que el empacado al vacío parcial con una extracción de aire por 4 segundos, genera los mejores efectos en cuanto a la conservación de características fisicoquímicas y conservación características organolépticas en lechuga de IV gama y alargamiento de vida de anaquel.

9. Recomendaciones

Evaluar el efecto del empaçado al vacío parcial en diferentes frutas u hortalizas, con la finalidad de determinar el efecto en la conservación de sus características fisicoquímicas y sensoriales, que permita determinar qué tan factible es como tecnología de conservación.

Evaluar en futuras investigaciones diferentes tipos de empaque que permitan determinar cuáles son los que favorecen a la conservación y alargamiento de vida de anaquel de productos de IV gama.

Evaluar en próximas investigaciones, combinaciones y porcentajes de gases atmosféricos que permita establecer las mejores condiciones bajo un sistema de atmosfera modificada para la conservación de productos de IV gama.

Se recomienda en futuras investigaciones, establecer pesos homogéneos en todas las unidades experimentales para garantizar la confiabilidad de los resultados.

Se recomienda evaluar combinaciones de atmosfera modificada y diferentes productos antioxidantes para determinar los mejores efectos en la conservación de características organolépticas y alargamiento de vida de anaquel en productos de IV gama.

Se recomienda en futuras investigaciones medir desde el día cero las concentraciones gases atmosféricos dentro de los empaques, ya que esto permitirá evaluar el comportamiento de los gases a lo largo del estudio.

Se recomienda aplicar correctamente las buenas prácticas de manufactura en la producción de productos de IV y así obtener productos inocuos, libre de microorganismos que afecten su calidad y tiempo de vida útil.

10. Bibliografía

- Agüero, M. 2011. Modelado de la evolución de índices de calidad integral de lechuga mantecosa desde la precosecha hasta el consumidor. Tesis. Buenos Aires, Argentina. UNP. 272p.
- Álvarez, P; Avila, M. 2016. Desarrollo de productos hortícolas (zanahoria y apio) de cuarta gama, evaluando tres tipos de atmósferas y tres tipos de envase modificada (en línea). Consultado 23 de mar. 2023. Disponible en <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5144/1/UDLA-EC-TIAG-2016-05.pdf>
- Artés, F. 2006. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha, 7 (2): 41-47.
- Cheftel, J.C. y Cheftel, H. 1983. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Zaragoza, Acribia. 1: 333 p.
- Chiesa, A. 2010. Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. Horticultura Argentina, 29 (68): 28-32
- Chiesa, A.; Massa, A; Filippini, O; Moccia, S. 2000. Effect of processing degree in the ascórbico acid content and visual quality of fresh cut lettuce. Acta Horticulturae, 2 (553): 699-700.
- Chiesa, A; Frezza, D; Moccia, D; Oberti, A; Fraschina, A; Díaz, L. 2005. Vegetable Production Technology and Postharvest Quality. 565- 572.
- Colome, E. 1999. Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmosferas modificadas. Alimentación, Equipos Tecnología.109-111p
- De la Vega Gramegna, C. C. D. 2011. Evaluación de los factores que influyen en la durabilidad de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) como producto de IV gama. Valdivia. Chile. UAC. (en línea), Consultada 20 mar 2023. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fav422e/doc/fav422e.pdf>
- Drake, S. R; Elfving, D. C; Drake, S. L; Visser, D. B. 2005. Quality of modified atmosphere packaged “bartlett” pears as influenced by time and type of storage.28(5):348-354 p.

- Farber, J., Parish, M., Beuchat, L., Suslow, T., Busta, F. (2003). Seguridad microbiológica del envasado en atmósfera controlada y modificada de productos frescos y de IV gama. *Ciencia de los alimentos y seguridad alimentaria*, 142-160p.
- InfoAgro. 2008. Tecnología del envasado en atmósferas modificadas. (en línea, sitio web.) consultado 14 marz. 2023. Disponible: https://www.infoagro.com/industria_auxiliar/ensvasado.htm
- Jimenez, M. A. A. 2020. Evaluación de técnicas de preservación de hortalizas de IV gama: lechuga (*Lactuca sativa* L.), tomate cherry (*Solanum lycopersicum*) y zanahoria (*Daucus carota*). Ambato, Ecuador. UTA. (en línea), Consultado 20 mar 24. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30790/1/AL%20729.pdf>
- Kader, A.A 2002. Quality parameters of fresh-cut fruits and vegetables products. (en línea). Consultado 26 abr 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/300020455_Quality_Parameters_of_Fresh-cut_Fruit_and_Vegetable_Products
- Kesseli, R; Ochoa, O; Mochelmore, R. (1991) Variation at RFLP loci in *Lactuca* spp. and origin of cultivated lettuce (*L. sativa*). (en línea). Consultado 13 oct. 2023. Disponible en: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/g91-065>
- Krurup, C. 1985. Significación y regulación de los procesos fisiológicos durante postcosecha. Aplicación en hortalizas. *Boletín Hortícola* 4 (8): 33-40.
- Krurup, C; Spurr, A 1981. Características y funcionamiento estomático de lechuga (*Lactuca sativa* var. Capitata) en pre y postcosecha. *Investigación Agrícola* 7 (2): 29-36.
- Lardizábal, M. 2005. Horticultura Herbácea especial: 2-8p
- Leiva Alarcón, C. J, 2013. Evaluación del envasado al vacío como técnica de conservación de lechuga (*Lactuca sativa* L.) IV gama. Tesis Ing. Valdivia, Chile, UAC. (en línea), Consultado 24 mar 2023. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fal533e/doc/fal533e.pdf>

- Lindqvist, K. 1960. On the origin of cultivated lettuce. (en línea). Consultado 14 oct. 2023. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1601-5223.1960.tb03091.x>
- Lokke, M. 2012. Postharvest quality changes of leafy green vegetables. Thesis Ph.D. Dinamarca. UA. (en línea). Consultado 20 sep. 2023. Disponible en: http://pure.au.dk/portal/files/45962257/PostharvestQualityChanges_afhandlingMetteMarieLokke.pdf.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). Sf. Lechuga, *Lactusa sativa L.* (en línea). Consultado 13 oct. 2023. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/lechuga_tcm30-102416.pdf
- Montealegre, J. 1990. Enfermedades de postcosecha de importancia en hortalizas de exportación. Tesis. UCH.p.85.
- Moscoso Rodas, N. B. 2015. Evaluación de sanitizantes alternativos al hipoclorito de sodio en la calidad de lechuga de hoja (*Lactusa sativa L. var. Romana*). Quito, Ecuador. Tesis, Ing. (en línea), Consultada 2 abr 2024. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11903/1/CD-6580.pdf>
- Ohlsson, T. 2002. Minimal processing technologies in the food industry. Active intelligent packaging. (en línea). Consultado 24 mar 2023. Disponible en: <http://repository.universitasbumigora.ac.id/862/936/241%20Minimal%20Processing%20Technologies%20in%20the%20Food%20Industry%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf>
- Ospina Meneses, S. M; Cartagena Valenzuela, J. R. 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. Antioquia, Colombia. (en línea), Consultado 14 de mar 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=695502>
- Parry, R. T. 1995 Envasado de los alimentos en atmósfera modificada. Madrid, España. 15-150 p.

- Pefaur Lepe, J. 2014. IV Gama, una industria alimentaria en crecimiento. Santiago de Chile, Chile. 2 p.
- Pérez Martínez, B. S; Ramos Dubón, E. J. 2021. Evaluación de dos combinaciones de conservantes y su efecto sobre un producto hortícola de IV Gama. Tesis Ing. San Salvador, El Salvador, UES. (en línea). Consultado 23 mar 2023. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22928/1/13101732.pdf>
- Piagentini, a; Güesmes, D; Pirovani, M. 2003. Mesophilic aerobic population of fresh-cut spinach as affected by chemical treatment and type of packaging film. J. of Food Sci. 68 (2):602-607.
- Polenta, G. 1999. El avance de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas. INTA, San Pedro, Argentina.
- Richardson, T; Hyslop, D. B. 1993. Enzimas. En Química de los alimentos. Zaragoza, España. Acriabia. 405-427 p.
- Rodriguez, D.A; Ortega Toro, R.; Piñeros Castro, Y. 2018. Propiedades Fisicoquímicas, Funcionales y Microbiológicas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) adicionada con Ácidos Orgánicos. (en línea), Consultada 30 ene 2024. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400021>
- Rojas Ávila, M. R; Vargas y Vargas, L; Tamayo Cortez, J. A. 2005. Sandía (*Citrullus vulgaris*) mínimamente procesada conservadas en atmósferas modificadas. Instituto Tecnológico de Mérida, México. (en línea). Consultado 19 mar 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81315076009.pdf>
- Salinas, R. 2007. Modelación del deterioro de productos Vegetales frescos cortados. Tabasco, México. (en línea). Consultado 25 mar 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15423209>
- Smeu, I., y Popa, M. (2011). Effect of minimally processing operations on the shelf-life and quality characteristics of romanian lettuce. (en línea). Consultado 1 abr 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266169290_Effect_of_minimally_processing_operations_on_the_shelf-life_and_quality_characteristics_of_romanian_lettuce

- Surriba, I. 1995. Efecto de distintas coberturas sobre la calidad final de Limones cv. Lisboa y Genova, almacenados bajo condiciones refrigeradas. Tesis, Ing. Agr. UCV. 87p.
- Smyth, A.B., J. Song, and A.C. Cameron. 1998. Modified atmosphere packaged cut iceberg lettuce: Effect of temperature and O₂ partial pressure on respiration and quality. *J. Agr. Food Chem.* 46:4556–4562p
- Toledo Toledo, G. L. 2009. Efectos antipardeantes sobre cuatro tipos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sometidas a mínimo proceso. Tesis, Ing. UCh. (en línea). Consultada 12 feb 2024. Disponible en: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111136/toledo_g.pdf?sequence=1
- Ulrich, R. 1970. “Organic acids”, *The Biochemistry of Fruits and their Products*. New York, EE.UU. 89-118p.
- Varoquaux, P. and I. Ozdemir. 2005. Packaging and produce degradation. (cap. 5, pp. 117-153). In: Lamikanra, O; S. Imam and D. Ukuku (Eds.). *Produce Degradation: Pathways and Prevention*. USA. 677p.
- Vega C. 2011. Evaluación de los factores que influyen en la durabilidad de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) como producto de IV gama (en línea). Consultado 20 mar 2023. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fav422e/doc/fav422e.pdf>
- Vera, J.N. 2008. Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sembradas mediante sistemas 46 hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo. Tesis Ing. Agr. Babahoyo, Ecuador, UTB. 71p.
- Watada, A; Qi, L. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*. (en línea), consultado 23 mar 2023. Disponible en: <https://ucanr.edu/datastoreFiles/608-387.pdf>
- Willis, R. B. H. 1989. *Postharvest; an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. Bjing, China. 256 p.
- Zagory, D. y Kader, A.A. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.* 70-77p

11. Anexos

Anexo 1. Ficha de evaluación sensorial.



Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias agronómicas
Departamento de Ingeniería Agroindustria



Ficha de evaluación sensorial

Edad: _____ **Sexo:** _____ **Fecha:** _____

Título de la investigación: Evaluación de tres métodos de empaquetado y su efecto en la conservación de características organolépticas y alargamiento de vida de anaquel de lechuga iceberg (*Lactuca sativa* var. capitata) de IV gama.

A continuación, se le presentan cuatro escalas hedónicas de 10 puntos para evaluar el efecto de los métodos de empaquetado en la conservación de las características organolépticas (sabor, olor, color y textura) en lechuga de IV Gama. Marcar con una "X" la escala que considere para cada una de las características evaluadas

Escalas.

0-2= Desagradable

7-8 = Ligeramente agradable

3-4 = Ligeramente desagradable

9-10 = Agradable

5-6 = No me agrada, ni me desagrada

Característica	Tratamiento	Escala
Color	T0	0 _____ 10
	T1	0 _____ 10
	T2	0 _____ 10
Olor	T0	0 _____ 10
	T1	0 _____ 10
	T2	0 _____ 10
Sabor	T0	0 _____ 10
	T1	0 _____ 10
	T2	0 _____ 10
Textura	T0	0 _____ 10
	T1	0 _____ 10
	T2	0 _____ 10

Observaciones: _____

Anexo 2. Resultados de evaluación de parámetros físicos.

Cuadro A 1. valores registrados de color por colorimetría.

L	Tratamientos	Dia 1	Dia 3	Dia 4	Dia 7	Dia 9	Dia 11	Dia 14
	T0	52.95	59.48	66.83	70.68	75.04	72.35	72.75
	T1	51.19	56.26	66.2	66.09	63.14	64.38	65.83
	T2	53.56	55.2	63.86	63.01	64.01	63.65	63.6

a*	Tratamientos	Dia 1	Dia 3	Dia 4	Dia 7	Dia 9	Dia 11	Dia 14
	T0	-8.8	-9.02	-10.12	-10.84	-13.57	-14.47	-12.12
	T1	-9.07	-9.11	-11.39	-11.64	-11.78	-12.13	-13.2
	T2	-8	-8.99	-11.4	-12	-13.23	-13.44	-12.18

b*	Tratamientos	Dia 1	Dia 3	Dia 4	Dia 7	Dia 9	Dia 11	Dia 14
	T0	17.97	20.23	24.34	29.39	30.79	35.8	34.8
	T1	20.32	20.81	22.01	23.98	26.88	28.54	27.31
	T2	18.55	20.76	22.13	24	25.13	24.21	25.37

Anexo 3. Resultados variable pérdida de peso.

Cuadro A 2. Porcentaje de pérdida de peso.

Tratamientos	Día 1	Día 3	Día 4	Día 7	Día 9	Día 11	Día 14	Pérdida total de peso	Porcentaje pérdida de peso
T0	103 g	102.3 g	101.8 g	101 g	99.8 g	98 g	96 g	7 g	7.29%
T1	106 g	105.4 g	105.1 g	104.6 g	103.8 g	103 g	101.8 g	4.2 g	4.13%
T2	105 g	104.6 g	104.3 g	103.9 g	103 g	102 g	100.7 g	4.3 g	4.27%

Anexo 4. Resultados evaluación de parámetros químicos.

Cuadro A 3. Valores de pH y porcentaje de acidez titulable.

Bloques	Tratamientos	pH	% Acidez
1(día 1)	T0	6.77	0.061
	T1	6.82	0.058
	T2	6.75	0.048
2(día 3)	T0	6.68	0.058
	T1	6.76	0.061
	T2	6.64	0.051
3(día 4)	T0	6.8	0.048
	T1	6.77	0.045
	T2	6.87	0.051
4(día 7)	T0	6.7	0.035
	T1	6.75	0.051
	T2	6.7	0.058
5 (día 9)	T0	6.44	0.048
	T1	6.57	0.051
	T2	6.59	0.061
6(día 11)	T0	6.7	0.045
	T1	6.7	0.048
	T2	6.79	0.064
7(día 14)	T0	6.79	0.035
	T1	6.83	0.045
	T2	6.84	0.061

Anexo 5. Resultados evaluación de atmosfera dentro del empaque

Cuadro A 4. Medición de concentración de gases dentro del empaque

Concentración de gases dentro del empaque				
Días de muestreo	Tratamientos	Hora	O2	CO2
2(día 3)	T0	08:45	18	1.6
	T1	08:46	15.2	4
	T2	08:47	10	7.5
3(día 4)	T0	08:45	16.7	4.4
	T1	08:46	11.2	8
	T2	08:47	5	10
4(día 7)	T0	08:45	13.1	5.5
	T1	08:46	7	9
	T2	08:47	3.8	13.9
5 (día 9)	T0	08:45	12.3	6.9
	T1	08:46	7.9	10.3
	T2	08:47	2	14.5
6(día 11)	T0	08:45	10.1	8.7
	T1	08:46	6.3	11.5
	T2	08:47	1	16
7(día 14)	T0	08:45	10	8.8
	T1	08:46	4.3	13.1
	T2	08:47	0.8	16.5

Anexo 6. Resultados de tasa de respiración

Cuadro A 5. Valores de tasa de respiración de lechuga de IV gama

Días de muestreo	Tratamientos	Hora	O2	CO2	Tasa de respiración	
Día 1	T0	08:51	19.2	0.1	0.00	0.000
		09:01	19.1	0.2	0.14	12.969
		09:11	19	0.3	0.14	8.601
		09:21	19	0.4	0.14	6.451
		09:31	18.9	0.5	0.14	5.133
	T1	08:51	19.2	0.1	0.00	0.000
		09:01	19.1	0.2	0.14	12.969
		09:11	19	0.3	0.14	8.601
		09:21	19	0.4	0.14	6.451
		09:31	18.9	0.5	0.14	5.133
	T2	08:51	19.2	0.1	0.00	0.000
		09:01	19.1	0.2	0.14	12.969
		09:11	19	0.3	0.14	8.601
		09:21	19	0.4	0.14	6.451
		09:31	18.9	0.5	0.14	5.133
Día 3	T0	08:50	19.1	0.0	0.00	0
		09:00	19	0.5	0.68	25.802
	T1	08:51	19.2	0.1	0.00	0.000
		09:01	19.1	0.2	0.14	12.969
		09:11	19	0.3	0.14	8.601
		09:21	19	0.4	0.14	6.451
		09:31	18.9	0.5	0.14	5.133
	T2	08:52	19.1	0.1	0.00	0.000
		09:02	19.1	0.2	0.14	12.969
		09:12	19	0.3	0.14	8.601
		09:22	19	0.4	0.14	6.451
		09:32	18.8	0.5	0.14	5.106
Día 4	T0	08:50	18.9	0.1	0.00	0
		09:00	18.9	0.5	0.68	25.666
	T1	08:50	19.1	0.0	0.00	0
		09:00	19	0.6	0.81	25.802
	T2	08:50	19.1	0.0	0.00	0
		09:00	19	0.8	1.09	25.802
Día 7	T0	08:50	18.9	0.4	0.00	0
		09:00	18.9	1.1	1.49	25.666
	T1	08:50	19.1	0.5	0.00	0
		09:00	19	1.2	1.63	25.802

	T2	08:50	19.1	2.0	0.00	0
		09:00	19	2.5	3.40	25.802
Día 9	T0	08:50	18.9	0.2	0.00	0
		09:00	18.9	0.7	0.95	25.666
	T1	08:50	19.1	0.6	0.00	0
		09:00	19	1.2	1.63	25.802
	T2	08:50	19.1	0.7	0.00	0
		09:00	19	1.3	1.77	25.802
Día 11	T0	08:50	18.9	0.3	0.00	0
		09:00	18.9	0.7	0.95	25.666
	T1	08:50	19.1	0.4	0.00	0
		09:00	19	0.9	1.22	25.802
	T2	08:50	19.1	1.1	0.00	0
		09:00	19	2.1	2.85	25.802
Día 14	T0	08:50	18.9	0.1	0.00	0
		09:00	18.9	0.5	0.68	25.666
	T1	08:50	19.1	0.0	0.00	0
		09:00	19	0.6	0.81	25.802
	T2	08:50	19.1	0.0	0.00	0
		09:00	19	0.8	1.09	25.802

Anexo 7. Resultados evaluación sensorial

Cuadro A 6. Valores promedio de evaluación sensorial de lechuga

Tratamientos	Color	sabor	Textura	Olor
T0	8.8	8.6	8.2	9.2
T1	9.4	9	8.6	9.26
T2	8.2	9	8.4	9.2