



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

“DETERMINACIÓN DE LOS CAMBIOS FÍSICO-QUÍMICOS, SENSORIALES Y MICROBIOLÓGICOS EN LA LECHUGA (*Lactuca sativa*), VARIEDAD CAPITATA SOMETIDA A TRATAMIENTO CON LUZ ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA (UV-C)”

Trabajo de Investigación, Graduación, Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI). Presentado como requisito previo la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Autor: Darío Javier Suárez Guato

Tutor: Ph.D. Milton Ramos

AMBATO – ECUADOR

2013

AUTORÍA DE LA TESIS

Los criterios emitidos en el siguiente trabajo de investigación **“DETERMINACIÓN DE LOS CAMBIOS FÍSICO-QUÍMICOS, SENSORIALES Y MICROBIOLÓGICOS EN LA LECHUGA (*Lactuca sativa*), VARIEDAD CAPITATA SOMETIDA A TRATAMIENTO CON LUZ ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA (UV-C)”** así también como los contenidos, ideas, análisis, y propuestas, son de responsabilidad de Darío Javier Suárez Guato y de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Octubre del 2013

.....
Darío Javier Suárez Guato
AUTOR

APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Octubre del 2013

Para constancia firman:

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación esta dedicado a Dios por darme la vida y permitir disfrutar cada momento compartido con mi familia y amigos.

A mis padres Luis y Lilian quienes me inspiran con el esfuerzo trabajo y dedicación y brindarme todo el amor, apoyo, y comprensión en buenos y malos momentos, por ser parte esencial en mi formación personal y profesional.

A mis hermanos Jairo y Lizbeth quienes me guían constantemente demostrando que la única meta que no es posible alcanzar es aquella que no es fijada.

A mi esposa Diana y a mis hijos Mathias y Dana, por ser las personas que en todo momento me han brindado su amor, y me permite seguir saliendo adelante gracias a su apoyo.

A todas las personas que de una y otra manera han aportado con su granito de arena por ayudarme a culminar un ciclo más en mi vida.

A todos ustedes va dedicado este trabajo, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTO

A toda **mi familia** por su gran apoyo brindado en cada momento, mi agradecimiento sincero por su lucha continua que ha permitido cumplir una meta más de mi vida.

A la **Universidad Técnica de Ambato**, en especial a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y a su personal docente que imparten sus conocimientos día a día formando profesionales de éxito. En especial al **Doctor Milton Ramos**, tutor de tesis, quien con su apoyo incondicional me ayudo a la culminación de mi carrera

A la **Unidad Operativa de Investigación en Tecnología en Alimentos a (UOITA)**, por permitirme desarrollar la fase experimental de este estudio investigativo que ha sido un importante paso para alcanzar mi meta y de antemano al **Ing. Mario Álvarez** quien ha sido un pilar fundamental durante todo el trabajo realizado.

A mis amigos **Alex, Cristian, Lenin, Javier, Leandro** que hicieron la vida universitaria más llevadera, estuvieron en las buenas y en las malas, dejamos buenas anécdotas que muy difícilmente se borrarán.

A todas las personas que de una u otra forma hicieron posible este trabajo.

A todos ustedes muchas gracias.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1	Tema de investigación	1
1.2	Planteamiento del problema	1
1.2.1	Contextualización	1
1.2.2	Análisis crítico	7
1.2.3	Prognosis	8
1.2.4	Formulación del problema	9
1.2.5	Preguntas directrices	9
1.2.6	Delimitación del problema	9
1.3	Justificación	10
1.4	Objetivos	11
1.4.1	Objetivo general	11
1.4.2	Objetivo específicos	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes investigativo	12
2.2	Fundamentos filosóficos	14
2.3	Fundamentación legal	14
2.4	Categorías fundamentales	15
2.5	Hipótesis	26
2.6	Señalamiento de variables	26

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1	Enfoque	27
3.2	Modalidad básica de investigación	28
3.3	Nivel o tipo de investigación	29
3.4	Población y muestra	29
3.5	Operacionalización de variables	30
3.6	Plan de recolección de información	33
3.7	Plan de procesamiento y análisis de la información	40

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1	Resultados	41
4.2	Análisis de resultados físico-químicos	41
4.3	Análisis de resultados microbiológicos	45
4.4	Selección del mejor tratamiento	52
4.5	Análisis de los resultados sensoriales	52
4.6	Vida útil de la lechuga tratada con radiación UV-C	56
4.7	Estudio económico	58
4.8	Verificación de la hipótesis	61

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	62
5.2	Recomendaciones	63

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1	Datos informativos	65
6.2	Antecedentes	66
6.3	Justificación	69
6.4	Objetivo	71
6.5	Análisis de factibilidad	71
6.6	Fundamentación	72
6.7	Modelo Operativo	73
6.8	Administración	78
6.9	Previsión de la evaluación	80
	Bibliografía	82
	Anexos	87

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Producción de lechuga a nivel mundial
- Cuadro 2. Enfermedades y síntomas en lechuga
- Cuadro 3. Producción de lechuga en Ecuador 2007
- Cuadro 4. Valor nutricional en 100 g de lechuga
- Cuadro 5. Clasificación Botánica de la lechuga
- Cuadro 6. Tipos de Radiación
- Cuadro 7. Tasa de respiración de la lechuga
- Cuadro 8. Características y condiciones de almacenamiento

INDICE DE TABLAS

- Tabla A1. Tratamientos, combinaciones y significado
- Tabla A2. Porcentaje de acidez en lechugas tratadas con UV-C (% ácido cítrico)
 - Tabla A2.1 Análisis de varianza de acidez (% ácido cítrico) en lechuga tratada con UV-C
 - Tabla A2.2 Prueba de Tukey para el factor A (Distancia)
- Tabla A3. Porcentaje de humedad en lechugas tratadas con UV-C
 - Tabla A3.1 Análisis de varianza en porcentaje de humedad en lechuga con UV-C
- Tabla A4. pH de las lechugas tratadas con UV-C
 - Tabla A4.1 Análisis de varianza de pH en lechuga tratada con UV-C
- Tabla A5. Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g lechuga) tratada

Tabla A5.1 Análisis de varianza de recuento de aerobios mesófilos en lechuga tratada con UV-C

Tabla A5.2 Prueba de Tukey para el factor A (Distancia)

Tabla A6. Recuento de mohos y levaduras (UFC/g lechuga) en lechuga tratada con UV-C

Tabla A6.1 Análisis de varianza de recuento de mohos y levaduras en lechugas tratadas con UV-C.

Tabla A6.2 Prueba de Tukey para el factor A (Distancia)

Tabla A6.3 Prueba de Tukey para el factor B (Tiempo)

Tabla A7 Recuento de Coliformes (UFC/g lechuga) en lechuga tratada con UV-C

Tabla A7.1 Análisis de varianza de recuento de Coliformes en lechugas tratada con UV-C

Tabla A7.2. Prueba de Tukey para el factor A (distancia)

Tabla A8. Recuento de *E. Coli*, *Salmonella* y *Shigella*

Tabla A9. Resumen de las características físico-químicas y microbiológicas de la lechuga en los dos mejores tratamientos

Tabla A10. Análisis sensorial del Aroma en lechuga tratada con UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Tabla A10.1 Análisis de varianza del Aroma en lechuga UV-C y lechuga (Pronaca), en el mercado

Tabla A11. Análisis sensorial del Color en lechuga tratada con UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Tabla A11.1 Análisis de varianza del Color en lechuga UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Tabla A12. Análisis sensorial de la Textura en lechuga tratada con UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Tabla A12.1 Análisis de varianza de la Textura en lechuga UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Tabla A13. Análisis sensorial de la Aceptabilidad en lechuga tratada con UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Tabla A13.1 Análisis de varianza de la Aceptabilidad en lechuga UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Tabla A14. Verificación de la Hipótesis de los parámetros analizados

Tabla A15. Modelo operativo (plan de acción)

Tabla A16. Administración de la propuesta

Tabla A17. Previsión de la evaluación.

Tabla B1. Recuento de Aerobios mesófilos en lechugas con tratamiento (LCT) y lechugas sin tratamiento (LST) durante el almacenamiento en refrigeración

Tabla B2. Recuento de Mohos y Levaduras en lechugas con tratamiento (LCT) y lechugas sin tratamiento (LST) durante el almacenamiento en refrigeración

Tabla B1. Recuento de Aerobios mesófilos en lechugas con tratamiento (LCT) y lechugas sin tratamiento (LST) durante el almacenamiento en refrigeración

Tabla B2. Recuento de Mohos y Levaduras en lechugas con tratamiento (LCT) y lechugas sin tratamiento (LST) durante el almacenamiento en refrigeración

Tabla B3. Recuento de Coliformes en lechugas con tratamiento (LCT) y lechugas sin tratamiento (LST) durante el almacenamiento en refrigeración

Tabla B4. Valores de vida útil (Días)

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Árbol de problema

Gráfico 2. Red de Inclusiones

Gráfico 3. Lechuga (*Lactuca sativa*), variedad Capitata.

Gráfico 4. Rango Germicida

Gráfico 5. Diagrama de flujo del tratamiento UV-C de la lechuga (*Lactuca sativa*)

Gráfico 6. Diagrama de flujo de la conservación de lechuga (*Lactuca sativa*) en atmosferas modificadas.

Gráfico 7. Porcentaje de acidez en lechugas tratadas con UV-C (% ácido cítrico)

Gráfico 8. Porcentaje de humedad en lechuga tratada con UV-C

Gráfico 9. pH en lechugas tratadas con UV-C

Gráfico 10. Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g lechuga) en lechuga tratada con UV-C

Gráfico 11. Recuento de mohos y levaduras (UFC/g lechuga) en lechuga tratada con UV-C

Gráfico 12. Recuento de Coliformes (UFC/g lechuga) en lechuga tratada con UV-C

Gráfico 13. Aroma en lechuga con UV-C y lechuga (Pronaca)

Gráfico 14. Color en lechuga con UV-C y lechuga (Pronaca)

Gráfico 15. Textura en lechuga con UV-C y lechuga (Pronaca)

Gráfico 16. Aceptabilidad en lechuga con UV-C y lechuga (Pronaca)

Gráfico 17. Comparación de atributos sensoriales en las lechugas

Gráfico 18. Tiempo vs. In recuento de aerobios mesófilos

Gráfico 19. Tiempo vs. log recuento de aerobios mesófilos

Gráfico 20. Tiempo vs. ln recuento de mohos y levadura

Gráfico 21. Tiempo vs. log recuento de mohos y levadura

Gráfico 22. Tiempo vs. ln recuento coliformes

Gráfico 23. Tiempo vs. log coliformes

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación consistió en determinar el efecto de la radiación UV-C en la calidad de la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Capitata, con el propósito de disminuir la carga microbiana y prolongar su tiempo de vida útil, ya que a la lechuga se le considera como un alimento que provee fibra, minerales y vitaminas. Los factores de estudio en esta investigación fueron Factor A: Distancia de las lámparas a las lechugas, $A_0= 30$ cm, $A_1= 40$ cm y $A_2= 50$ cm; y, Factor B: Tiempo de exposición a la radiación UV-C, $B_0= 5$ min, $B_1= 10$ min y $B_2= 15$ min.

Para ello, las lechugas fueron adquiridas en el cantón Píllaro y se las clasificó, lavó y aplicó radiación UV-C, a diferentes distancias y tiempos; seguidamente se analizaron los parámetros físicos-químicos, sensoriales y microbiológicos. El mejor tratamiento fue la combinación A_0B_1 , que corresponde a una distancia de 30 cm por un tiempo de exposición de 10 min. La lechuga del mejor tratamiento se almacenó en refrigeración (5°C), para determinar la vida útil.

Los parámetros que se analizaron para el mejor tratamiento fueron: acidez, pH y humedad, con valores de 0.083% (ácido cítrico), 6.47 y 95.34%, respectivamente. El contenido microbiano fue de 1.5×10^3 UFC/g para aerobios mesofilos, 3.6×10^2 UFC/g para mohos y levaduras, 1.6×10^1 UFC/g para coliformes, <10 UFC/g para *E.coli* y ausencia en *Salmonella* y *Shigella*; seguidamente se cuantificó los parámetros sensoriales en atributos como: aroma (3.6, agrada), color (4.0, verde intenso), textura (2.6 ni agrada ni desagrada) y aceptabilidad (4.2, agrada), obteniendo como resultado un producto inocuo con buenas características organolépticas y aptas para el consumo. Se determinó que el tiempo de vida útil usando radiación UV-C en lechugas es de 9 días, puntualizando que el tratamiento influye directamente en el tiempo de vida útil en forma positiva.

El estudio económico determinó un costo de producción de una parada de 100 bandejas de 500 g de \$ 108.38 USD, y se considera un precio de venta a \$ 1,40 USD por bandeja, obteniéndose una utilidad diaria de \$ 32.51 USD por parada.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA DE INVESTIGACION

“Determinación de los cambios físico-químicos, sensoriales y microbiológicos en la lechuga (*Lactuca sativa*), variedad Capitata sometida a tratamiento con luz ultravioleta de onda corta (UV-C)”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

Contextualización Macro

El mundo de las hortalizas es básico en la gastronomía de cualquier país o cultura. Dentro de éstas, la lechuga ha sido pieza fundamental del arte culinario por su utilización en todo tipo de comida, aunado a la gran demanda que tiene en la época actual por sus características de alto valor nutritivo y equilibrio orgánico. La lechuga se encuentra en cualquier época del año y como el resto de las hortalizas es un buen abastecedor de vitaminas, minerales y sales indispensables para el organismo. La conciencia que existe por mantener la salud a través del mayor consumo de vegetales y frutas, ha provocado un mayor consumo de las mismas, como es el caso de la lechuga. **(Holdsworth, S., 1988)**

La lechuga es una de las verduras más conocidas y populares. Es una hortaliza de hoja muy recomendable por su papel curativo y regenerativo. Es de gran ayuda en el proceso de purificación sanguínea, es diurética, limpiadora intestinal y además, aperitiva. La lechuga es una hortaliza que ha registrado buena aceptación dentro de la dieta de los consumidores de todo el mundo, tiene gran futuro en el comercio internacional, iniciando por la gran demanda que de este producto existe en los Estados Unidos y el creciente interés de

algunos países asiáticos con elevados niveles de desarrollo. En Estados Unidos, la producción anual de lechuga representa 26.1% del total mundial, su producto ha registrado un crecimiento más estable, siendo de 4.6% en el periodo de 1994 a 1998. Los principales importadores de lechuga han sido Alemania, Canadá, Reino Unido, Francia y Suiza, cuyas compras externas representan casi 70% del total mundial. La importancia del cultivo de la lechuga se debe a la producción que tiene a nivel mundial, la cual ha ido incrementando en los últimos años, debido a la diversificación de variedades como por su importancia nutricional. En el cuadro 1 se observa la producción de lechuga a nivel mundial.

Cuadro 1. Producción de lechuga a nivel mundial

PAÍSES	PRODUCCIÓN LECHUGAS AÑO 2001 (toneladas)	PRODUCCIÓN LECHUGAS AÑO 2002 (toneladas)
China	7.605.000	8.005.000
Estados Unidos	4.472.120	4.352.740
España	972.600	914.900
Italia	965.593	845.593
India	790.000	790.000
Japón	553.800	560.000
Francia	490.936	433.400
México	212.719	235.452
Egipto	179.602	179.602
Alemania	166.43	195.067
Australia	145.000	145.000
Chile	85.000	86.000

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAGAP, 2006.

Las enfermedades poscosecha más comunes son la presencia de microorganismos (hongos y bacterias), que se ve favorecida por el manejo rudo del producto y un mal control de la temperatura del producto desde el campo hasta el consumidor final. En el cuadro 2 se presentan las principales enfermedades, síntomas y posibles opciones de manejo en la lechuga.

Cuadro 2. Enfermedades y síntomas en lechuga

Enfermedad	Síntomas	Opciones de manejo
Pudriciones blandas (<i>Pseudomonas spp</i> y <i>Erwinia carotovora</i>), en apio y lechuga.	Destruyen el tejido infectado y pueden dar pie a infecciones por hongos.	La eliminación de las hojas exteriores, enfriamiento rápido y una baja temperatura de almacenamiento reducen el desarrollo de las pudriciones blandas bacterianas.
Pudrición acuosa por <i>Sclerotinia</i> o pudrición del moho gris causado por <i>Botrytis cineria</i> en lechuga.	Pueden producir un suavizamiento acuoso de la lechuga; se distinguen de las pudriciones blandas bacterianas por el desarrollo de esporas negras y grises.	La eliminación de hojas y la baja temperatura también pueden reducir la severidad de estas pudriciones.

Fuente: Namesny A. 1993, Post-recolección de hortalizas.

El uso de tratamientos con fungicidas para el control del ataque de microorganismos durante la pos-cosecha, se ha visto restringido por los residuos que dejan en el producto y que pueden afectar la salud del consumidor.

En general, los tratamientos térmicos favorecen el control de los microorganismos, pero causan cambios en la calidad visual y sensorial del producto con pérdidas de color, firmeza y aumento de algunos compuestos bioactivos (fenoles, flavonoides, fitolexinas y otros). Un tratamiento alternativo es la luz ultravioleta C (UV-C, en el rango de longitud de onda de 220–280 nm), una forma de radiación no ionizada que no penetra más allá de las superficies y

es generalmente conocida como germicida (particularmente a longitudes de onda cercanas a 250nm). La UV-C puede inactivar bacterias, hongos y virus. Existen tratamientos en los cuales se combina la UV-C con otro desinfectante, funcionan particularmente bien para bajar la carga bacteriana de frutas y hortalizas. Por ejemplo, en países como Estados Unidos es usual utilizar tratamientos de UV-C posterior a tratamientos de cloro u otro sanitizante en productos tales como tomate cortado fresco. La esterilización de agua filtrada con UV-C también es efectiva; sin embargo, el efecto es más limitado en superficies no uniformes, como en el caso de frutas y hortalizas. **(González-Aguilar, 2001)**

Contextualización Meso

En Colombia, la producción de lechuga es utilizada la mayor parte solo para el consumo interno, estando presente durante todo el año en los mercados de abastecimiento tanto mayoristas como minoristas. Tiene una alta demanda durante todo el año, pues es la hortaliza para ensalada más cotizada. Las exportaciones son bajas hasta el momento, siendo que el mercado Europeo presenta grandes ventajas y posibilidades.

En Chile, la lechuga tiene gran importancia como cultivo hortícola ocupando una superficie variable entre 4.000 a 5.000 ha/año, produciéndose durante todo el año en todas las regiones del país, pero concentrándose en las regiones Metropolitana, V y VII. Además, se cultiva una superficie significativa para la producción de semillas que se exportan a varios países. Hay antecedentes de que Chile exporta lechugas en estado natural. Según los datos de Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), se han exportado 271 kilos netos de lechugas repolladas, frescas o refrigeradas a Territorio Británico en América. **(Ministerio de agricultura de Chile, 2012)**

La lechuga es un cultivo que en Argentina se produce tanto a campo como bajo condiciones de invernadero. Datos del Censo Nacional Agropecuario 2002 registran que del total de superficie hortícola implantada a campo, un 13% corresponde a lechuga; y de la superficie bajo cubierta, el 4% se destina a la producción de lechuga. **(Instituto nacional de estadística y censos de la republica del Argentina, 2008)**

Contextualización Micro

En el Ecuador, la Provincia de Tungurahua es la mayor productora de lechuga; de acuerdo con el informe anual del Sistema de Información Geográfica Agropecuaria (Sigagro), durante 2005, en el Ecuador se destinaron unas 1 288 ha para el cultivo de lechugas, lo que generó una producción aproximada de 7 680 tm. Tungurahua produce 3 945 tm de lechuga, cultivadas en un área de 475 ha, seguida de Chimborazo con 2 012 tm, en una extensión de 295 ha.; Imbabura se coloca en tercer lugar con 93 ha y una producción de 862 tm.; Carchi, Azuay y Loja mantienen promedios de entre 45 y 49 ha de sembríos, mientras que Cotopaxi y Cañar registran 5 y 29 ha, respectivamente. Estas cifras, según el estudio, no variaron en los primeros seis meses de 2007.

(Sigagro, 2008)

En el país se produce también por cultivo hidropónico, es hoy en día una de las alternativas más adecuadas para la producción de lechuga. Justamente esta técnica es la que utiliza, desde hace 17 años, el empresario Roberto Serrano, gerente general de Greenlab, empresa que está en capacidad de producir 90000 lechugas al mes, en un área de 7 000 m² de sembríos. Actualmente, la plantación de GreenLab cuenta con 100 mil espacios para cultivar lechuga con capacidad para producir 540 mil empaques (de dos lechugas cada uno) al año. De ellos, el 80% es colocado en Supermaxi y el 20% restante se vende directamente a restaurantes y a un distribuidor en Guayaquil. **(Greenlab, 2010)**

En el cuadro 3, se va a mencionar la superficie de la lechuga cosechada en hectáreas, teniendo en cuenta que la misma indica valores en forma general, es decir que no se menciona por variedad de lechuga, debido a que las estadísticas referenciales toman un valor colectivo más no individual. Se puede observar que en la Provincia de Tungurahua es la de mayor producción en toneladas métricas de lechuga se refiere, siguiéndole la Provincia de Chimborazo, de igual forma podemos observar que la Provincia de Cotopaxi es la que menor producción presenta. Las zonas de producción en el Ecuador se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Producción de lechuga en Ecuador 2007

PROVINCIA	PRODUCCIÓN (TM) DE LECHUGA	SUPERFICIE COSECHADA (hectáreas)
Carchi	360	37
Imbabura	862	93
Pichincha	701	72
Cotopaxi	31	5
Tungurahua	3.945	475
Chimborazo	2.012	295
Azuay	398	55
Loja	242	41

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAGAP, 2008.

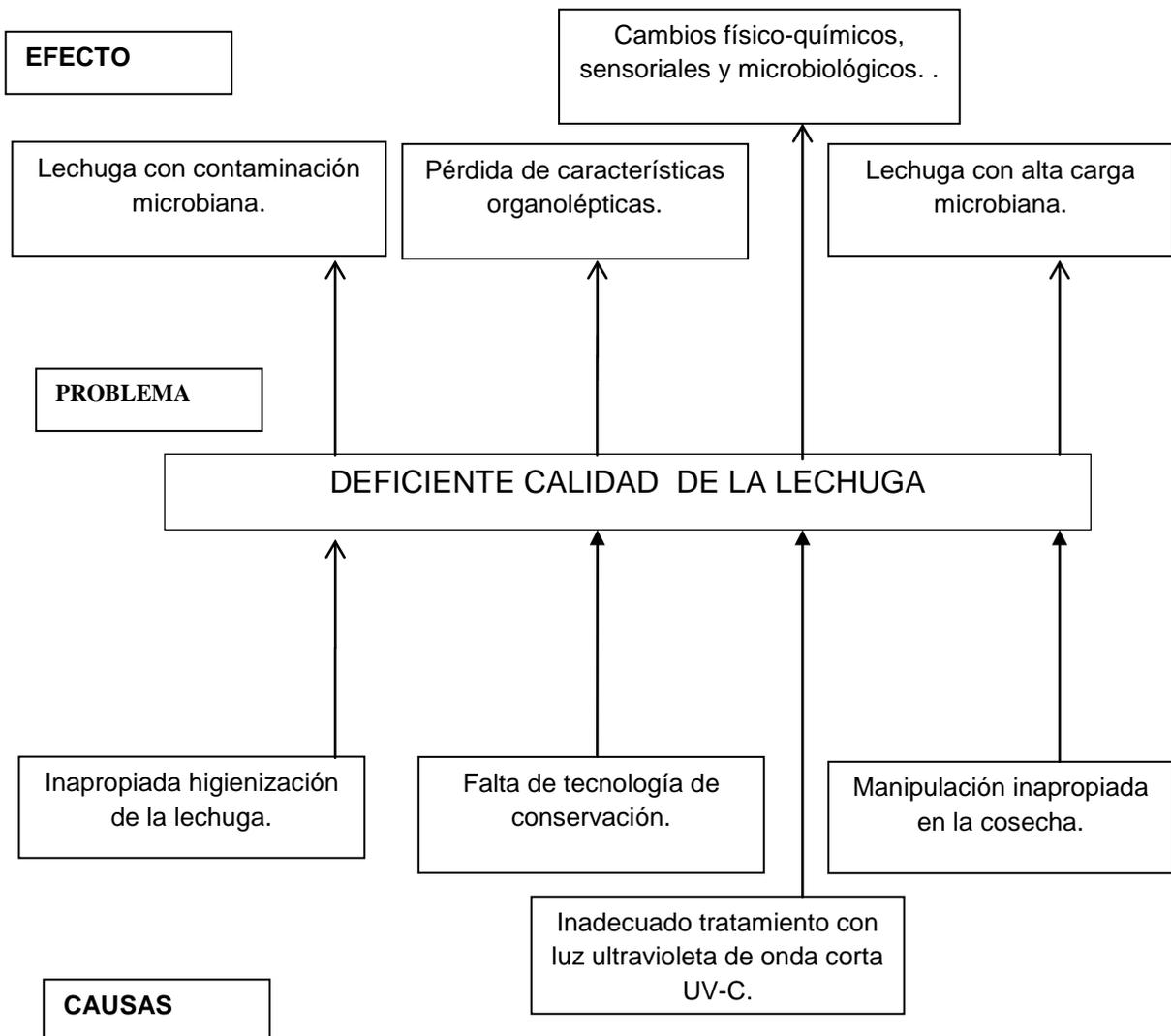
En el país no existen empresas que produzcan lechugas con tratamiento de radiación de luz ultravioleta de onda corta (UVC), utilizan cloro para desinfectar las hortalizas procesadas la cual dejan residuos en los alimentos que pueden producir alergias, irritaciones al estómago.

Los efectos del cloro sobre la salud de los consumidores dependen de la cantidad de cloro presente, de la manera como se expone a esta sustancia y de la duración de la exposición.

La radiación UV-C puede alargar la vida de algunas frutas, hortalizas y desinfectar las raíces de las plantas como las del tomate de árbol de una plaga peligrosa: los nematodos. Con esa técnica también se evita que el banano cuando se madure no "se vuelva pecoso". También se irradian aguacates y tomate de árbol para retardar hasta por dos semanas su maduración.

1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO

Gráfico 2. Árbol de problema



Variable Independiente: Inadecuado tratamiento con luz ultravioleta de onda corta UV-C.

Variable Dependiente: Cambios físico-químicos, sensoriales y microbiológicos.

La lechuga es muy perecedera y se marchita rápidamente después de cosecharse por la pérdida de agua, a menos que se pre-enfríe rápidamente, se empaque, y se refrigere. La presencia de gas etileno y de lechugas dañadas hace que las orillas de las hojas se pongan café. Además, la lechuga se daña fácilmente si se congela.

La vida post-recolección de las lechugas depende estrechamente de la temperatura para prolongar sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales; es necesario que la temperatura baje lo más rápido posible tras la recolección. Por lo tanto, el pre-enfriamiento es muy importante para el mantenimiento de una calidad óptima si se quiere llegar con un buen producto a los mercados.

La estrategia más efectiva para asegurar que un alimento sea beneficioso y seguro para su consumo, es la prevención de la contaminación microbiana. Por lo tanto, el mejor método para eliminar microorganismos patógenos es, en primer lugar, prevenir su contaminación. Sin embargo, esto no es siempre posible y el lavado e higienización del producto resulta de vital importancia para prevenir brotes de toxiinfecciones alimentarias. **(Carvajal José, 2000)**

1.2.3 PROGNOSIS

En el caso que no se realice la investigación se estaría afectando al desarrollo tecnológico, económico y social de agricultores y procesadoras de hortalizas de la región, sabiendo que Tungurahua es una de las principales productoras de lechuga, por lo cual se recomienda investigar la utilización de la radiación UV-C para reducir la carga microbiana y extender el tiempo de vida útil de la lechuga, asegurando así la calidad e inocuidad del producto.

La tecnología de la radiación UV-C extiende la vida de anaquel de hortalizas, por lo cual esta tecnología reduciría pérdidas económicas en el sector de la agricultura, tomando en cuenta que la lechuga es un alimento de consumo masivo, y satisfacería a las cadenas de supermercados, restaurantes y el sector de la hostelería en demanda de productos "cuarta gama".

Por lo anteriormente mencionado, es importante preguntar qué efecto tendrá la radiación UV-C en la lechuga en las características físico-químicas, sensorial y microbiológicas del producto.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles pueden ser los cambios físico-químicos, sensoriales y microbiológicos en la lechuga (*Lactuca sativa*), sometidos a tratamiento con luz ultravioleta de onda corta (UV-C)?

Variable Independiente:

Tratamientos con luz ultravioleta de onda corta (UV-C).

Variable Dependiente:

Cambios físico-químicos, sensoriales y microbiológicos.

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

¿Cuáles serán los cambios físico-químicos de la lechuga sometidas a radiación UV-C?

¿Cuáles serán los cambios sensoriales de la lechuga sometidas a radiación UV-C?

¿Cuáles serán los cambios microbiológicos de la lechuga sometidas a radiación UV-C?

¿Qué tiempo vida útil se espera mediante la aplicación de tratamientos UV-C en la lechuga?

¿Cómo influirá el empaquetado y almacenado en refrigeración para disminuir la contaminación microbiana?

1.2.6. DELIMITACIÓN

Área : Alimentos.

Sub-área : Procesamiento y conservación de alimentos.

Sector : Hortalizas.

Sub-sector : Conservación de lechuga y reducción de microorganismos.

Temporal : Tiempo de Investigación: Diciembre del 2012 a Julio del 2013.

Espacial: El proyecto de investigación se realizó en los laboratorios de la UOITA (Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de

1.3. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación tiene como finalidad estudiar el efecto de la radiación ultravioleta UV-C en las características físico-químicas, sensoriales y microbiológicas de la lechuga, buscando reducir la carga microbiana, aumentar el tiempo de vida útil de la hortaliza cumpliendo con características óptimas de inocuidad y sensoriales para el consumidor.

La constante demanda de hortalizas frescas y la exigente regulación fitosanitaria de organismos tanto nacionales como internacionales, hacen que sea necesario el estudio de tratamientos superficiales para prolongar la vida de almacenamiento pos-cosecha de la lechuga, ya que las mayores pérdidas en la producción hortofrutícola ocurren en esta etapa. **(Holdswortha, 1988)**

Se puede manifestar que como propósito principal de la presente investigación es evaluar la acción de tratamiento UV-C frente a la microflora natural presente en la lechuga con la finalidad de obtener hortalizas de mejor calidad aptas para el consumo, así como también prolongar la vida útil de las hortalizas troceadas, la tecnología generada tendrá un efecto positivo en los agricultores que cultivan lechuga en la Provincia del Tungurahua y en el país; porque se lograría tener un tiempo de vida útil más prolongada y a su vez el consumidor estará garantizada su salud al consumir lechugas de un nivel alto de inocuidad.

Además, la tecnología que se plantea en la investigación no requerirá de grandes inversiones, y es factible de ser instalada por asociaciones de campesinos, que se pueden unir para aprovechar y comercializar la lechuga troceada y de esta manera llegar hacia los grandes centros de consumo. Con ello la Universidad Técnica de Ambato con su Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos habrá aportado ciencia y tecnología en un área muy importante donde la tecnología es fundamental. El efecto germicida de la irradiación UV-C se ha empleado en diferentes alimentos como un método de desinfección superficial a temperatura ambiente que no deja residuos en el producto, por lo

que se considera una buena alternativa para la conservación de alimentos. Su utilización a dosis bajas ha tenido éxito en la desinfección de frutas y hortalizas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar los cambios físico-químicos, sensoriales y microbiológicos en la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Capitata sometida a tratamiento con luz ultravioleta de onda corta (UV-C).

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los parámetros físicos-químicos, sensoriales y microbiológicos de las lechugas troceadas en estado fresco.
- Determinar las condiciones adecuadas del tratamiento de la lechuga con radiación UV-C.
- Determinar la vida útil de la lechuga troceada en el mejor tratamiento con aplicación UV-C, envasada y almacenada en refrigeración.
- Realizar el estudio económico de la tecnología obtenida.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La investigación se documentó con trabajos realizados en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, los cuales aportan a la investigación.

Según FAO (1991), la pérdida de la calidad que algunas veces se produce en las frutas y hortalizas durante el tiempo que media entre la cosecha y el consumo, puede deberse a cambios físicos, químicos, enzimáticos o microbiológicos. Las consecuencias de la pérdida de calidad por acción de los microorganismos suponen un riesgo para el consumidor debido a la posible presencia de toxinas o microorganismos patógenos, además de las pérdidas económicas causadas por la alteración.

Silva Abraham (1992), indica que durante el almacenamiento refrigerado las frutas y hortalizas mantienen una serie de actividades fisiológicas, tales como respiración, transpiración y degradación de compuestos orgánicos, entre otras. Como consecuencia de ello se despende energía en forma de calor y gradualmente se cambian las características originales del producto. Esto último puede conducir bajo condiciones adecuadas a la maduración comercial del producto.

González C. (2001), actualmente existe un interés particular en el uso de UV-C para tratar tanto frutas, jugos de frutas y vegetales sensibles al tratamiento térmico. Se ha reportado que en frutas, jugos frescos refrigerados y vegetales, el tratamiento UV-C duplica al menos la vida útil de los jugos al mismo tiempo que se conservan el gusto y aromas naturales, el color y otras propiedades de los jugos. Las reacciones más significativas que afectan la supervivencia

celular son las que ocurren entre la radiación UV-C y los ácidos nucleicos. La interacción entre la UV-C y el Acido Desoxirribonucleico (ADN) resulta en la formación de fotoproductos, entre ellos, dímeros de pirimidina (timina y citosina). La resistencia de los microorganismos a los tratamientos UV-C está determinada principalmente por su habilidad para reparar el ADN dañado

Beltrán Ángel (2010), “Estudio de la vida útil de fresas (*Fragaria vesca*), mediante tratamiento con luz ultravioleta de onda UV-C”. La presente investigación consistió en determinar el efecto de la radiación UV-C en la calidad de la fresa (*Fragaria vesca*) variedad diamante, con el propósito de alargar su tiempo de vida útil, ya que a la fresa se le considera como un alimento perecedero, dada su alta tasa de respiración y transpiración. Seguidamente se cuantificó los parámetros sensoriales en atributos como aroma, color, dulzor y textura, teniendo como resultado un producto inocuo con buenas características organolépticas y aptas para el consumo. Determinó que el tiempo de vida útil usando radiación UV-C en fresas es de 10 días, recalcando que el tratamiento influye directamente en el tiempo de vida útil en forma positiva.

Guerrero (1979), señala que en la provincia de Tungurahua la producción de hortalizas es abundante principalmente lechuga y cebolla, debido a las condiciones climáticas, sin embargo por ser hortalizas de considerable producción en el Ecuador, su consumo en estado fresco se limita, principalmente en la lechuga, debido a su corto tiempo de vida y por lo que se hace indispensable la conservación como productos elaborados.

Erkan (2001), encontró una reducción significativa en la población microbiana de rebanadas de calabaza después de ser tratadas con UV-C en dosis de 4,93 y 9,86 * 10³ kgf s⁻².

Sánchez Denis (2008), “Manejo poscosecha de lechuga (*Lactuca sativa* L. variedad *Capitata*) producida en la provincia de Tungurahua”. La lechuga es la hortaliza más utilizada para la preparación de ensaladas. El consumo de lechuga se ha desarrollado ampliamente favorecido por el aumento de la población y porque su consumo viene siendo promovido por médicos y dietistas que ven en esta hortaliza un producto ideal para la alimentación humana. La

producción de lechugas puede realizarse sobre una gran diversidad de suelos, siendo los más adecuados aquellos que tengan buena capacidad de drenaje, sin embargo las condiciones físico-químicas pueden mejorarse mediante el aporte de abonos que favorezcan la riqueza que presente el mismo.

2.2 FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS

Según Reichart y Cook (1986), indican el escenario de investigación en laboratorio a través de un diseño pre estructurado y esquematizado; su lógica de análisis está orientada a lo confirmatorio, reduccionista, verificación, inferencial e hipotético deductivo mediante el respectivo análisis de resultados. Además la realidad es única y fragmentable en partes que se pueden manipular independientemente, y la relación sujeto-objeto es independiente. Para este enfoque la realidad es algo exterior, ajeno, objetivo y puede y debe ser estudiada y por tanto conocida.

Según, Dobles, Zúñiga y García (1998), el enfoque positivista de la teoría de la ciencia indica que el único conocimiento verdadero es aquel que es producido por la ciencia, particularmente con el empleo de su método. En consecuencia, el positivismo asume que sólo las ciencias experimentales son fuente aceptable de conocimiento.

En particular, asume la existencia de un método específico para conocer la realidad y propone el uso de dicho método como garantía de verdad y legitimidad para el conocimiento. Desde esta perspectiva se considera que el método científico es único y el mismo en todos los campos del saber. Por tanto, “la ciencia positivista se cimienta sobre el supuesto de que el sujeto tiene una posibilidad absoluta de conocer la realidad mediante un método específico”.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La investigación se respalda con algunas normativas:

- Comité del Codex sobre Código de Prácticas de Higiene para las Frutas y Hortalizas Frescas. CODEX STAN 53-2003. (Anexo E)
- Comité del Codex para Código de Prácticas de Higiene para Hortalizas de Hojas Verdes y Frescas CAC/RCP 53-2003. (Anexo E)

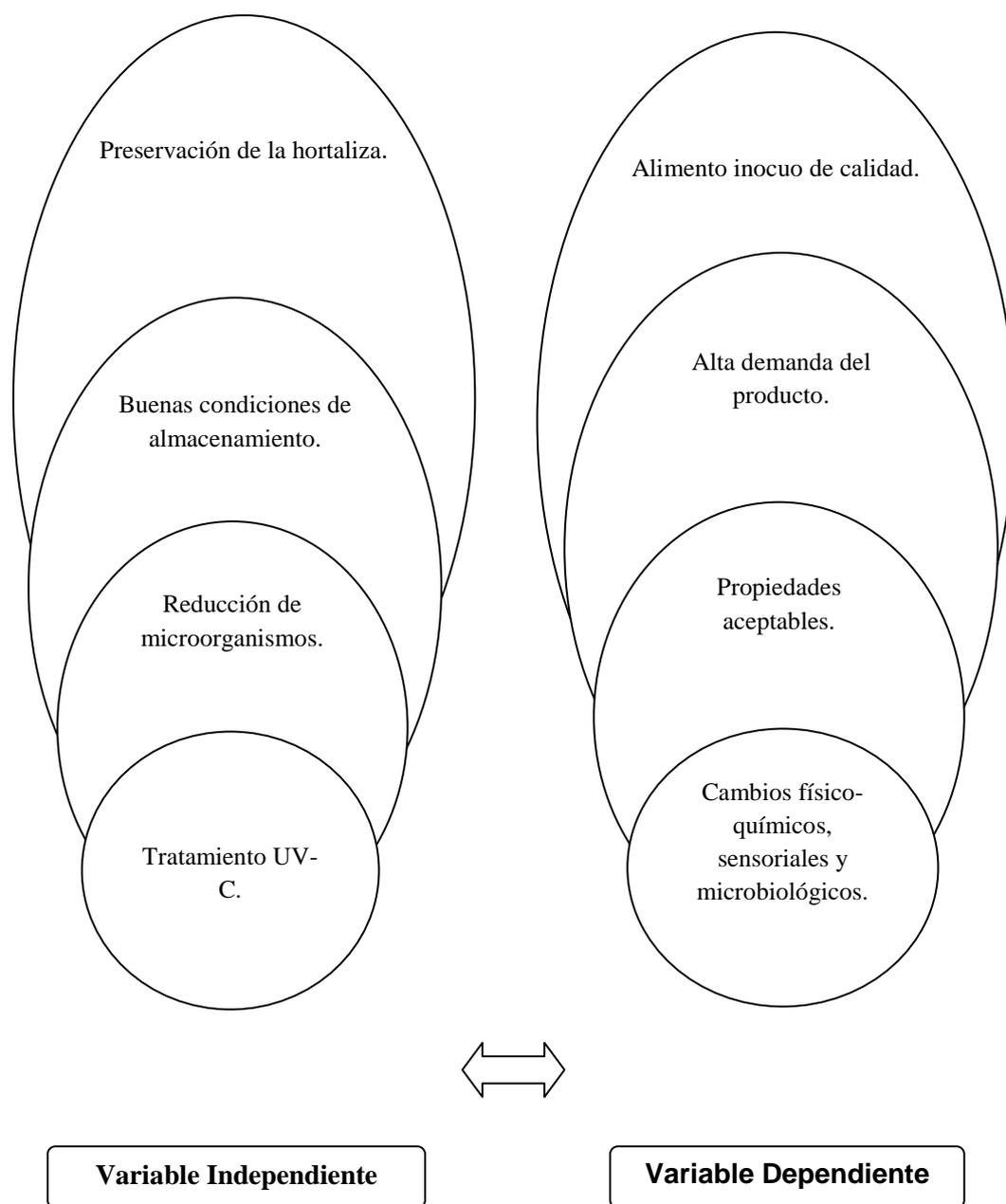
- Límites Microbiológicos de la ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods), NOM-093-SSA1-1994.(Anexo E)
- Manual de Estándar de Límites Críticos, ASSISTANCE FOOD, Análisis Microbiológico de los Alimentos. (Anexo E)
- Determinación de Humedad en una balanza de humedad KERN MLS 50.
- Determinación de pH, de acuerdo Norma Técnica Ecuatoriana INEN 783
- Determinación de Acidez titulable, método 942.15 AOAC Official Method Acidity (Titratable) of Fruit Products, First Action 1942.
- Determinación de recuento de hongos y levaduras INEN 1093–1984 – 04.
- Determinación de coliformes/ E. coli. PE04-5.4MB: Método de referencia: AOAC método oficial 991.14. (Anexo E).
- Determinación Aerobios Mesofilos Totales Petrifilm; PE03-5.4MB; Método de referencia AOAC, Ed. 19.2012. 990.12. (Anexo E).
- Determinación de *Salmonella* y *Shigella*. Control Microbiológico de los alimentos. *Salmonella* y *Shigella*. Método de detección. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1529-15:2012.
- Análisis sensorial; Diseño de bloques incompletos; Referencia: Ing. Aníbal Saltos.

2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.4.1 INCLUSIONES INTERRELACIONADAS

En el Gráfico 2, se aprecia la Red de Inclusiones, donde mediante una relación jerarquía, se establece los elementos que describen a la variable dependiente e independiente, así:

Gráfico 2. Red de Inclusiones



Elaborado por: Darío Suárez.

2.4.2 ORIGEN DE LA LECHUGA

El origen de la lechuga se encuentra en la cuenca del Mediterráneo, en la costa meridional. Hay quienes afirman que es originaria de la India o del Asia Central. La lechuga aparece en las tumbas egipcias a manera de pinturas, allá por el año 4500 A.C. Fue introducida a China en los años 600 a 900 D.C. Posiblemente en el Nuevo Mundo fue introducida con los primeros

exploradores y cultivada inicialmente en el área del Caribe. Se acepta que las lechugas conocidas actualmente se derivaron de *Lactuca serriola*, pero se cree que ocurrieron hibridaciones entre distintas especies y un proceso evolutivo que dio origen a la lechuga actual. **(Córdova Angel. 2000)**

Gráfico 3. Lechuga (*Lactuca sativa*), variedad Capitata.



2.4.3 VALOR NUTICIONAL

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 se deben interpretar por 100 g de la porción comestible. En el cuadro 4, se puede observar el valor nutricional de la misma.

Cuadro 4. Valor nutricional en 100 gramos de lechuga.

Agua	95 g	Sodio	32 mg
Proteína	1,3 g	Hierro	1,1 mg
Carbohidratos	2,2 g	Vitamina A	0,24 mg
Grasa	0,2 g	Vitamina B1	0,062 mg
Fibra	1,1 g	Vitamina B2	0,078 mg
Potasio	224 mg	Vitamina C	13 mg
Calcio	37 mg	Vitamina E	0,57 mg
Fósforo	33 mg	Vitamina K	0,03 mg
Magnesio	11 mg	Niacina	0,4 mg
		Ácido fólico	0,11 mg

Fuente: Composición de los Alimentos Ecuatorianos (2005).

La lechuga es un alimento que aporta muy pocas calorías por su alto contenido en agua, su escasa cantidad de hidratos de carbono y menor aún de proteínas y grasas. En cuanto a su contenido en vitaminas, destaca la presencia de folatos, provitamina A o beta-caroteno, y vitaminas C y E.

La lechuga romana cultivada al aire libre es la variedad más rica en vitaminas, mientras que la iceberg es la que menor cantidad de vitamina C presenta. Los folatos intervienen en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis de material genético y la formación de anticuerpos del sistema inmunológico. El beta-caroteno es un pigmento natural que confiere el color amarillo-anaranjado-rojizo a los vegetales y que el organismo transforma en vitamina A según sus necesidades. **(Durán F., 1998)**

En el caso de la lechuga, el beta-caroteno está enmascarado por la clorofila, pigmento más abundante. La vitamina A es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico, además de tener propiedades antioxidantes.

La vitamina E interviene en la estabilidad de las células sanguíneas y en la fertilidad. Ejerce una acción antioxidante que también caracteriza a la vitamina C. Ésta participa en la formación de colágeno, huesos, dientes y glóbulos rojos. Favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones.

En cuanto a los minerales, la lechuga destaca por la presencia de potasio y hierro. También contiene magnesio y calcio, aunque en menor proporción. El calcio presente en la lechuga no se asimila apenas si se compara con los lácteos u otros alimentos buena fuente de este mineral. **(Elena Sierra, 2005)**

El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, además de colaborar en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante. Las hojas más

externas de la lechuga concentran la mayor parte de vitaminas y minerales. **(Kandi L. 2009)**

2.4.4 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

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. En el cuadro 5, se presenta la clasificación botánica de la lechuga. **(Yves Tirilly, 1987)**

Cuadro 5. Clasificación Botánica de la lechuga

Reino	Vegetal
Género	<i>Lactuca</i>
Especie	<i>Sativa</i>
Nombre científico	<i>Lactuca sativa</i>
Nombre común	Lechuga

Fuente: MAGAP (2006)

2.4.5 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

La luz ultravioleta C (UV-C, en el rango de longitud de onda de 200–280 nm) es una forma de radiación no ionizada que no penetra más allá de las superficies y es generalmente conocida como germicida (particularmente a longitudes de onda cercanas a 250 nm).

El mecanismo de desinfección se basa en un fenómeno físico por el cual las ondas cortas de la radiación ultravioleta inciden sobre el material genético (ADN) de los microorganismos y los virus, y los destruye en corto tiempo, sin producir cambios físicos o químicos. **(Fernando Lozada, 1997)**

Varios estudios han demostrado que la inactivación por luz ultravioleta se produce mediante la absorción directa de la energía ultravioleta por el microorganismo y una reacción fotoquímica intracelular resultante que cambia la estructura bioquímica de las moléculas (probablemente en las

nucleoproteínas) que son esenciales para la supervivencia del microorganismo.

Está demostrado que independientemente de la duración y la intensidad de la dosificación, si se suministra la misma energía total, se obtiene el mismo grado de desinfección. **(Norman W. Desrosier, 1997)**

La radiación ultravioleta es una radiación electromagnética cuyas longitudes de onda van aproximadamente desde los 400 nm, el límite de la luz violeta, hasta los 15 nm, donde empiezan los rayos X. Un nanómetro, o nm, es una millonésima de milímetro. Este tipo de radiación aunque en cierta forma es beneficiosa, si se excede los límites admisibles por la vida terrestre puede causar efectos nocivos en plantas y animales e incluido el hombre en lo que respecta a la piel y los ojos. **(González, y Aguilar., 2001)**

En el cuadro 6 se presenta los tipos de radiación y sus respectivas abreviaciones.

Cuadro 6. Tipos de Radiación

Nombre	Abreviación	Longitud de Onda	Energía en Fotón (eV)
Onda Larga	UV - A	400 - 320 nm	3,10 - 3,87
Onda Media	UV - B	320 – 280 nm	3,87 - 4,43
Onda Corta	UV- C	280 - 200 nm	4,43 - 6,20

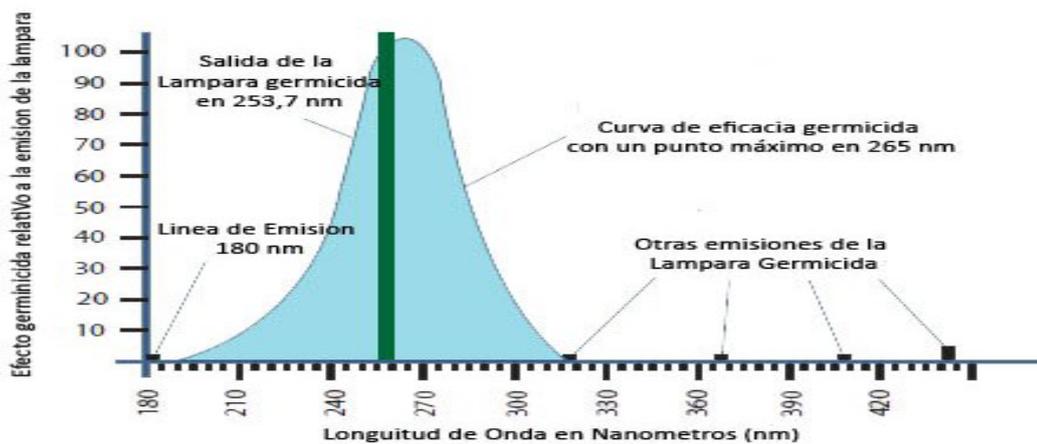
Fuente: Food Sci. Biotechnol, 2009.

El rango germicida se encuentra entre 240 y 280 nm y se obtiene la máxima eficiencia desinfectante cerca de los 260 nm.

La irradiación ultravioleta (UV-C) es una tecnología alternativa a la esterilización química utilizada para reducir el crecimiento de microorganismos en alimentos. La radiación UV-C adicionalmente induce mecanismos de defensa en tejido vegetal metabólicamente activo, provocando la producción de fitoalexinas, ésta puede estar acompañada por otros mecanismos de defensa tales como modificaciones de la pared celular, enzimas de defensa y

aumento en la actividad antioxidante, esto último ha sido relacionado con posibles beneficios a la salud de los consumidores. De igual forma se ha observado que el tratamiento con UV-C induce la acumulación de poliaminas, las cuales pueden actuar como antioxidantes en frutos causando una reducción de los síntomas de deterioro por microorganismos. En el gráfico 4 se observa el rango germicida por la emisión de la lámpara.

Gráfico 4. Rango Germicida



2.4.6 GENERALIDADES DE COSECHA Y POSTCOSECHA DE LECHUGAS

Cosecha

La madurez está basada en la compactación de la cabeza. Una cabeza compacta es la que requiere de una fuerza manual moderada para ser comprimida y es considerada apta para ser cosechada. Una cabeza muy suelta está inmadura y una muy firme o extremadamente dura es considerada sobremadura. Las cabezas inmaduras y maduras tienen mejor sabor que las sobremaduras y también tienen menos problemas en postcosecha.

Asohofrucol afirma que la temperatura de la lechuga durante la fase de crecimiento del cultivo es de 15-18°C por el día y 5-8°C por la noche, su altitud es de 2.000 a 2.800 m.s.n.m. requiere de suelos ligeros, franco arenoso, con buen drenaje y un pH óptimo entre 6,0 y 7,0. (Parra A. y Hernández J., 1997)

Manejo Postcosecha

La Corporación Internacional en sus publicaciones asegura que para optimizar una vida útil de la lechuga de 21 - 28 días, se debe mantener a temperaturas

de 0°C – 1°C con una humedad relativa del 95%. Por otro lado, las lechugas manejadas con una humedad relativa del 95% a una temperatura de 5°C pueden mantener la calidad por 14 días en anaquel. **(Ashurst R., 2000)**

Es importante el manejo de la lechuga en frío, si la temperatura alcanza niveles por debajo de -5°C se presentan quemaduras dando un tono oscuro translúcido cuando se descongela.

2.4.7 PARAMETROS DE CALIDAD DE LA LECHUGA

Tasa de Respiración

La lechuga tiene una moderada tasa de respiración, en el cuadro 7 se observa la tasa de respiración de lechuga a diferentes temperaturas.

Cuadro 7. Tasa de respiración de la lechuga

Temperatura (°C)	0	5	10	15	20
mL CO₂/k·h	3-8	6-10	11-20	16-23	25-30

La lechuga a una elevada tasa de transpiración, produce pérdidas de agua que implican arrugamiento (aspecto envejecido), disminución de peso comercial y descenso de la calidad sensorial, afectando a la apariencia, textura y jugosidad del fruto.

Tasa de producción de etileno

La tasa de producción de etileno de la lechuga es muy baja, <0.1 μ L / k·h a 20°C. La lechuga es muy sensible al etileno. El punteado pardo es el síntoma más común de la exposición a etileno.

Acidez

La acidez titulable no es una medida de acidez total definida como suma de ácidos presentes libres y combinados con cationes, sino una medida de cambios de concentración de ácidos orgánicos del fruto. El ácido cítrico es el más abundante de la lechuga, seguido de málico, succínico y ascórbico, razón

por la que los resultados de acidez titulable se expresan en cantidad de ácido cítrico, siendo que el aumento del mismo podría relacionarse con la mejor conservación del fruto cuando éste está en su estado óptimo de maduración, por existir una correlación entre el estado de madurez del fruto y el aumento o disminución del ácido cítrico.

La acidez titulable es necesaria para conocer la evolución del grado de madurez en las lechugas troceadas, parámetro resultante de la relación entre la cantidad de ácido cítrico presentes.

Humedad

Los productos perecederos son especialmente susceptibles al ataque de patógenos cuando se encuentran mojados. En consecuencia las hortalizas deben ser cosechadas, manipuladas y almacenadas cuando no poseen agua libre en su superficie. Por otra parte, estos productos se deterioran marcadamente si no son almacenados en condiciones de humedad elevada. Una HR de 85 - 95% se recomienda generalmente para el almacenamiento de hortalizas.

pH

La variación del pH con el tiempo presenta mínimas diferencias. Estudios realizados en lechugas tratadas con recubrimiento demuestran que el valor de pH no varía significativamente, además estudios realizados en lechugas almacenadas en material de envasado resaltan que la variación del pH en la lechuga puede considerarse insignificante ya que no existen variaciones significativas. Tales resultados concuerdan con anteriores investigaciones, en los que las distintas atmósferas generadas en el interior de los envases no afectan la evolución del pH con el tiempo.

Vida útil de la lechuga

La vida útil de un alimento se puede definir como el tiempo que transcurre entre la producción/envasado del producto y el punto en el cual se vuelve inaceptable bajo determinadas condiciones ambientales. La finalización de la vida útil de alimentos implica que el consumo sea un riesgo para la salud del

consumidor, o que las propiedades sensoriales se deterioren hasta niveles en que el alimento es rechazado. En este último caso la evaluación sensorial es el principal método de evaluación, ya que no existen métodos instrumentales o químicos que reemplacen adecuadamente a nuestros sentidos. **(Brody L., 1996).**

2.4.8 PRODUCTOS MINIMAMENTE PROCESADOS (PMP)

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas se definen como las preparadas mediante una o varias operaciones apropiadas como pelado, cortado, etc., 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)**

Se conocen también como productos precortados, o productos de la cuarta gama. Son alimentos similares a los frescos, que no incluyen productos frescos intactos que experimenten tratamientos de manipulación postcosecha. Estos alimentos han incursionado al mercado debido a la necesidad de productos frutícolas y hortícolas que conserven las características de los alimentos frescos y que estén listos para el consumo.

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)**

Cambios fisiológicos y bioquímicos en PMP

Los productos mínimamente procesados se deterioran al igual que las frutas y hortalizas enteras debido a la maduración fisiológica. Además las lesiones

originadas por el procesado producen la descompartimentación celular provocando alteraciones bioquímicas como pardeamiento.

- **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.

Los cambios bioquímicos ocurridos en el corte se deben a la descompartimentación celular por la alteración de las membranas que genera la deslocalización de enzimas y sustratos. Los sustratos son los compuestos fenólicos que se localizan principalmente en la vacuola, los cuales entran en contacto con las enzimas de oxidación o polifenoloxidasas localizadas en la membrana o en el citosol dando inicio al pardeamiento.

Los responsables del pardeamiento enzimático son:

a. **Compuestos fenólicos:** Se encuentran en abundancia en las células vegetales, específicamente en células sanas disueltos en la vacuola. Los sustratos de las polifenoloxidasas son los ortodifenoles y los monofenoles. Los ortodifenoles más importantes son los derivados de ésteres hidroxicinámicos como el ácido clorogénico y los flavan-3-ols como la catequina.

b. **Polifenoloxidasas:** Son metaloproteínas que tienen dos átomos de cobre en su sitio activo, se encuentra de forma soluble en el citosol y en membranas de la mitocondria. Sobre los fenoles actúan dos tipos de enzimas: las catecoloxidasas de actividad creolasa (o monofenolasa) y de actividad catecolasa (u o-difenolasa) y las lacasas que oxidan los o-difenoles y a diferencia de las anteriores p-difenoles transformándolos en quinonas.

El proceso de pardeamiento enzimático inicia con la oxidación por la polifenoloxidasa de un orto difenol para formar una orto quinona, intervienen el oxígeno como segundo sustrato de la enzima y factores como el pH y la temperatura. Luego las orto quinonas que ya muestran un color amarillo se

transforman al reaccionar con compuestos fenólicos o grupos amino en compuestos de color café. **(Cantos Villar, 2000)**

- **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)**

2.5. HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa

Hi = ¿Los tratamientos con radiación ultravioleta de onda corta aplicados a la lechuga producen igual efecto en la calidad físico-química y microbiológica de la lechuga?

Hipótesis nula

Ho = ¿Los tratamientos con radiación ultravioleta de onda corta aplicados a la lechuga no producen igual efecto en la calidad físico-química y microbiológica de la lechuga?

2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

Variable Independiente:

Tratamiento con radiación ultravioleta de onda corta (UV-C).

Variable Dependiente:

Cambios físico-químicos, sensoriales y microbiológicos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

La propuesta va orientada a encontrar el tratamiento efectivo, en el cual se reduzca la carga microbiana, no se pierda las características físico-químicas y organolépticas de la lechuga para una efectiva conservación en refrigeración, alargando su tiempo de vida útil. Para esto nos apoyaremos del conocimiento del diseño experimental con la finalidad de determinar si el tratamiento efectuado es el correcto, los mismos que son analizados utilizando el programa Statgraphic.

La propuesta básica de la investigación es lograr encontrar un tratamiento efectivo de eliminación de microorganismos en la lechuga (*Lactuca sativa*) para reducir su carga microbiana y alargar el tiempo de vida útil; esto se lo realiza mediante revisiones bibliográficas y experimentales que son analizados estadísticamente.

El trabajo es de tipo cualitativo y cuantitativo ya que se realizaron experimentos, análisis de laboratorio, los cuales generaron resultados que facilitaron establecer los mejores parámetros de procesamiento para el estudio, con el fin de obtener el producto deseado.

Los datos obtenidos en este estudio se interpretaron mediante análisis estadísticos que fueron procesados en el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS. Este programa permite realizar cálculos complejos y presenta Gráficos para un mejor análisis. Entonces STATGRAPHICS PLUS

permite conocer el o los tratamientos que tienen mayor aceptabilidad, logrando así seleccionar una tecnología adecuada para obtener lechuga troceada de calidad y con buenas características organolépticas.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La experimentación se fundamenta en las siguientes modalidades:

Investigación bibliográfica – documental: Tiene el propósito de conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y ^{critérios} de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en documentos, libros, revistas, periódicos y otras publicaciones. Es así que para solucionar el problema propuesto se requirió la revisión documental de manera periódica para establecer adecuadamente los protocolos para la ejecución de la fase experimental, y también conocer la existencia de resultados obtenidos y experiencias de investigaciones anteriores en pos de solucionar un problema igual o similar.

Investigación experimental o de laboratorio: Es el estudio en que se manipula ciertas variables independientes para observar los efectos en las respectivas variables dependientes, con el propósito de precisar la relación causa – efecto. Realiza un control riguroso de las variables sometidas a experimentación por medio de procedimientos estadísticos. Es así que en el presente trabajo investigativo se propuso un diseño experimental AxB que contempla la combinación de tres niveles del factor distancia con tres niveles del factor tiempo. La investigación se realizó en el laboratorio de la Unidad Operativa de Investigación y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Luego se procedió al procesamiento de los datos para llegar a obtener resultados interpretables, mediante la aplicación de métodos estadísticos apropiados.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la ejecución se utilizó los siguientes tipos de investigación.

Investigación Exploratoria: Este tipo de investigación reconoce, registra, o averigua con diligencia una cosa o un lugar. Permite conocer las condiciones apropiadas para la eliminación de microorganismos de la lechuga por medio del tratamiento de radiación U-VC, y mantener las propiedades de las mismas y alargar el tiempo de vida útil.

Investigación descriptiva, debido a que se hará comparaciones entre dos o más fenómenos. En esta investigación se aplicó dos factores, tales como distancia y tiempo, en la que se pudo observar los cambios físico-químicos y microbiológicos que ocurre en los tratamientos con radiación UV-C en las lechugas troceadas.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La investigación está basada en las necesidades de aquellos productores de lechuga que tienen problemas de contaminación microbiana en las hortalizas, por lo tanto se considera como población las lechugas cultivadas por diferentes horticultores del cantón Pillaro de la Provincia de Tungurahua.

Muestra

Para el estudio se trabajó con lechugas (*Lactuca sativa*), variedad Capitata, obtenidos en parcelas agrícolas del cantón Pillaro.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Los datos que se obtuvieron de esta investigación hacen posible obtener resultados confiables que permiten establecer el mejor tratamiento para conservar la lechuga troceada, para así aumentar la disponibilidad de la hortaliza lista para el consumo y mantener un producto de calidad y precio adecuado para el consumidor final.

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: TRATAMIENTO CON LUZ ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN
<p>Una tecnología que ayuda la prolongación de la vida en anaquel de los productos sanos. En efecto, la radiación inactiva o destruye a los microorganismos patógenos, y el frío retarda las reacciones metabólicas perjudiciales producidas en los alimentos. Sin embargo, una mala aplicación de tiempo y distancia de radiación UV-C, en el ámbito industrial puede provocar efectos contrarios a los deseados.</p>	<p>Prolongación de la vida de anaquel.</p> <p>Distancias (cm) y tiempo (min) de exposición de la lechuga a la radiación UVC.</p>	<p>Reducción de microorganismos presentes en la lechuga.</p> <p>Influencia en pH, acidez, humedad.</p> <p>$a_0 = 30$ cm. $a_1 = 40$ cm. $a_2 = 50$ cm.</p> <p>$b_0 = 5$ min. $b_1 = 10$ min. $b_2 = 15$ min.</p>	<p>¿Qué cambios microbiológicos ocurren?</p> <p>¿Sufren cambios las lechugas troceadas al aplicar el tratamiento UV-C?</p> <p>¿Dan mejores resultados al combinarlos?</p> <p>¿Qué combinación de tratamiento UV-C es el mejor?</p>	<p>Visual.</p> <p>Balanza.</p> <p>Acidez titulable, Método AOAC 942.15.</p> <p>pH INEN 783.</p> <p>Humedad KERN MLS 50.</p>

Elaborado por: Darío Javier Suárez.

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE: CAMBIOS FÍSICO-QUÍMICOS, SENSORIALES Y MICROBIOLÓGICOS

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
<p>Conservación de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).</p> <p>Prolongar la calidad de la lechuga troceada por el control de procesos de deterioro o inactivación de procesos fisiológicos (físico-químicos, sensoriales) tanto de la propia hortaliza como de los microorganismos que pueda contener.</p>	<p>Físicos-Químicos</p> <p>Sensoriales</p> <p>Microbiológicos</p>	<p>Humedad Acidez</p> <p>Color Aroma Textura Aceptabilidad</p> <p>Recuento de aerobios mesofilos.</p> <p>Recuento de mohos y levaduras.</p>	<p>¿La humedad será un factor determinante?</p> <p>¿Existirá un incremento o decremento en la acidez de las lechugas?</p> <p>¿Después del tratamiento UV-C el color, textura, aceptabilidad y aroma cambiará?</p> <p>¿Tiene influencia el tratamiento UV-C en la calidad microbiológica de las lechugas?</p>	<p>Acidez titulable, método AOAC 942.15. INEN 783. Humedad KERN MLS 50. Hojas guías de microbiología de los alimentos (Anexo E) Hoja de análisis sensorial del Producto (Anexo E)</p>

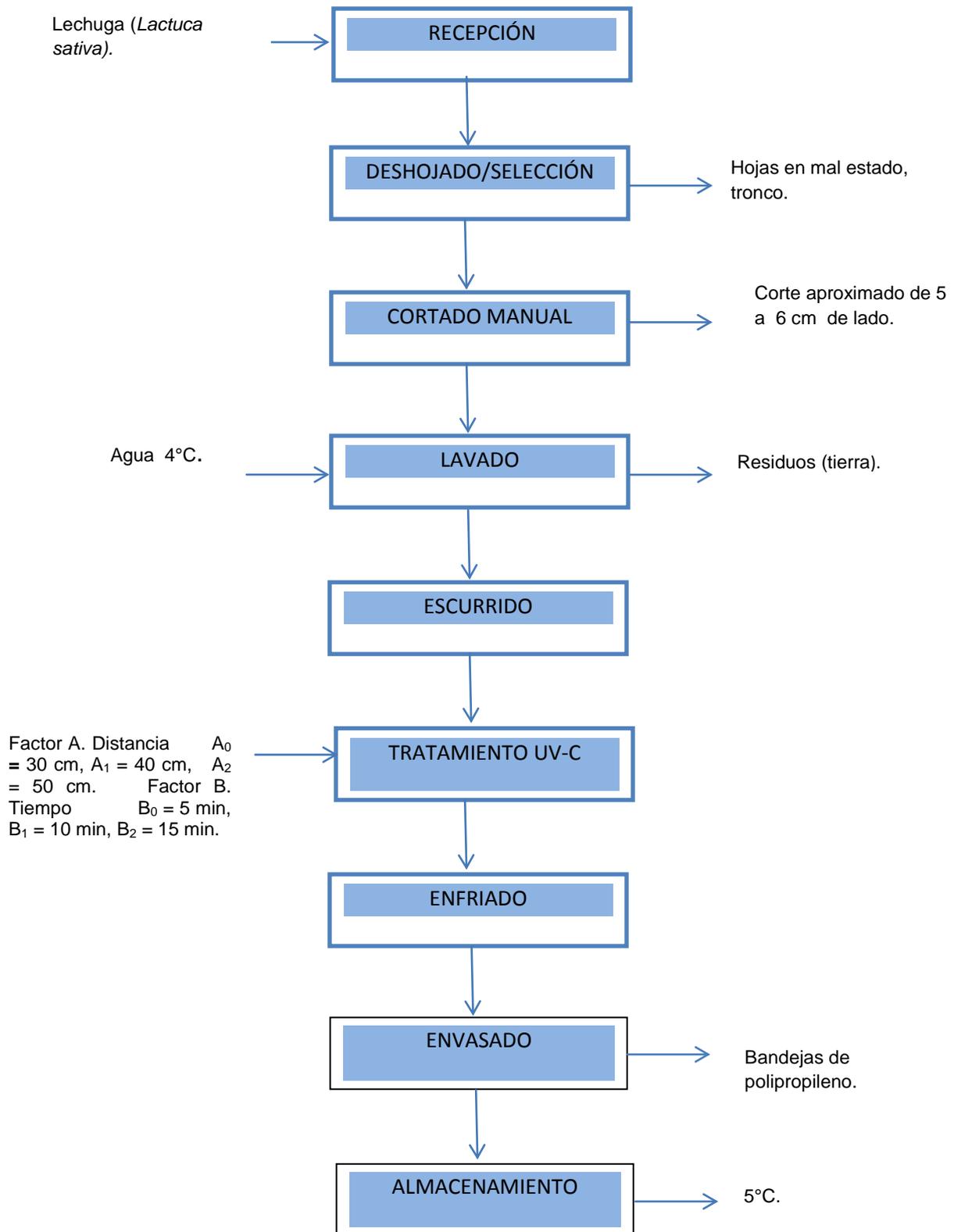
Elaborado por: Darío Javier Suárez

3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.6.1 Proceso del tratamiento UV-C en la lechuga.

La lechuga es una hortaliza que posee corto tiempo de vida útil por lo que se propone realizar ensayos con tratamiento de radiación ultravioleta de onda corta (UV-C). En el Gráfico 5, se detalla la descripción del proceso del tratamiento con UV-C de la lechuga, cumpliendo con los requisitos higiénicos y sanitarios correspondientes, para obtener un producto inocuo de excelente calidad. Fotografías con respecto al proceso de tratamiento de la lechuga con UV-C se puede observar en el Anexo D.

Gráfico 5. Diagrama de flujo del tratamiento UV-C de la lechuga (*Lactuca sativa*)



Elaborado por: Darío Suárez

3.6.2 OPERACIONES DEL PROCESO

1. **Recepción.-** Se reciben lechugas de buena calidad, especialmente que provengan de los mismos agricultores y productores de lechuga para así evitar maltratos de la hortaliza por la deficiente manipulación en los mercados, que sean lo más frescas posibles.
2. **Deshojado/Selección.-** Se efectúan a mano en la zona designada especialmente para esa labor, eliminando la parte no comestible de las hojas externas. El propósito que se persigue es separar las hojas de lechuga que se encuentran en mal estado para que luego no contaminen el producto. La ventaja del deshojado manual, es la posibilidad de descartar cualquier lechuga que presenta alguna alteración.
3. **Cortado Manual.-** Se corta la lechuga tratando de obtener una forma cuadrada con un corte aproximado de 5 a 6 cm, para evitar el daño del tejido. Los cortes incrementan la tasa de deshidratación, ensuavecimiento y oscurecimiento. El uso de herramientas bien afiladas limita el daño celular y reduce la exudación de los contenidos celulares y oxidación enzimática mediada por las enzimas polifenol oxidasa y fenol oxidasa.
4. **Lavado.-** Se eliminan residuos como basuras, tierra y otros residuos extraños. Se reduce la carga microbiana presente en la superficie de la lechuga troceada. La temperatura del agua en el lavado es de 4°C, lo cual sirve para enfriar la lechuga troceada, ralentizando los procesos metabólicos como es la tasa de respiración y eliminar los exudados que se producen tras el corte que pudiera favorecer el crecimiento microbiano.

5. **Escurreo.-** Se escurre la lechuga troceada, eliminando el agua de la superficie de la lechuga esté seca, y ponerla en la cámara de radiación (UV-C).

6. **Tratamiento UV-C.-** Este tratamiento disminuye la carga microbiana y prolonga la vida útil de la lechuga troceada, eliminando los microorganismos presentes. El proceso se realiza con combinaciones de distancias y tiempos de exposición a las lámparas de radiación UV-C. Las distancias son a 30, 40 y 50 cm y los tiempos de 5, 10 y 15 minutos. El equipo que se utiliza para esta etapa consiste en una cámara construida de madera de 60*60*30 cm, recubierta con paredes de aluminio. En su interior se encuentra dos lámparas de UV-C hechas de mercurio de 40 cm y de 15 W de potencia; tiene tres bandejas de 60*30 cm ubicadas a la distancia de 30, 40, 50 cm de las lámparas UV-C. Para el tratamiento se coloca 250 g de lechuga troceada.

7. **Enfriamiento.-** Una vez que la lechuga troceada fue tratada, se la deja enfriar en la cámara de radiación UV-C, esto se hace con el propósito de no dañar el producto y al momento del envasado pueda existir cambios bruscos de transpiración de la lechuga troceada.

8. **Envasado.-** Se envasa la lechuga troceada en forma de cuadritos en bandejas de polipropileno, para su posterior almacenamiento en refrigeración, con peso aproximado de 500 g. El envase en contenedores rígidos es esencial para reducir deshidratación y daño mecánico durante distribución.

9. **Almacenado.-** Se realiza en cámaras de refrigeración a una temperatura de 4 a 5°C. Según investigaciones realizadas, se ha comprobado que a estas temperaturas la mayor parte de microorganismos disminuyen su actividad metabólica y permite su mejor conservación.

3.6.3 Evaluación físico – química y microbiológica de la lechuga sin tratamiento (LST) y la lechuga con tratamiento UV-C (LCT).

Se procesó la información generada en los siguientes parámetros:

- Humedad por la técnica de secado rápido en una balanza de Determinación de humedad KERNMLS 50 – 3.
- Acidez (% ácido cítrico), por titulación del sobrenadante valorado con Hidróxido de sodio 0.01N. (Almenar, E., 2005).
- pH de la lechuga troceada mediante un pHmetro OAKLON.
- Calidad microbiológica por medio de un recuento de aerobios mesófilos, AOAC método oficial 990.12; Incubación 48 hrs. (± 3 hrs.) a 35 °C (± 1 °C). Placas Petrifilm 3M. (Anexo E)
- Mohos y levaduras, incubación a 35°C ± 1 °C, y leer las placas a los 48 y 72 horas.
- Coliformes y *E. Coli*, por la norma AOAC método oficial 991.14; para coliformes: Incubación 24 h ± 2 h a 35°C ± 1 °C. Placas Petrifilm 3M. (Anexo E)
- *E. coli*: Incubación 48 h ± 2 h a 35°C ± 1 °C. Placas Petrifilm 3M.
- *Salmonella* y *Shigella* normas INEN 1529-15, incubación a 35 ± 1 °C por 24 h.
- La eficiencia del tratamiento de radiación UV-C se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Eficiencia (\%)} = (N_0 - N_t) / N_0 \times 100$$

Dónde:

N_0 = número de microorganismos iniciales.

N_t = número de microorganismos sobrevivientes al tratamiento.

3.6.4 Diseño Experimental

De acuerdo al problema de investigación se aplicó un diseño factorial A*B para evaluar el efecto de la distancia de las lámparas (Factor A) y el tiempo de exposición de la lechuga troceada (Factor B). En términos generales, si a es el número de niveles del factor A, y b el número de niveles del factor B, en el experimento se requerirán $a*b$ tratamientos por replicación. (Saltos H., 1993)

El modelo matemático apropiado fué:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (AB)_{ij} + \tau_k + E_{ijk}$$

Dónde:

μ = efecto global

α = efecto i-ésimo nivel del factor A; $i=1, \dots, 3$, es decir de la distancia de las lámpara de UV-C.

β = efecto i-ésimo nivel del factor B; $i=1, \dots, 3$, es decir el tiempo de exposición de la lechuga troceada.

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores distancia y tiempo.

τ_k = efecto de las replicaciones, $K=1, \dots,$

E_{ijk} = residuo o error experimental

Los tratamientos experimentales son la combinación de los niveles de los factores indicados es decir:

Factores o variables de estudio	Niveles
(A) Distancia	$a_0=30$ cm $a_1=40$ cm $a_2=50$ cm
(B) Tiempo	$b_0= 5$ min $b_1=10$ min $b_2=15$ min

Consecuentemente se realizó 9 tratamientos con tres réplicas, con lo que se obtuvo un total 27 determinaciones (Tabla A1, Anexo A).

El análisis de varianza correspondiente al diseño experimental permitió determinar el mejor tratamiento.

3.6.5 Evaluación Sensorial.

Para la ejecución de la evaluación sensorial se utilizó pruebas orientadas hacia la aceptabilidad del consumidor, para lo cual se seleccionó la muestra del mejor tratamiento (UV-C), en comparación con la muestra de lechuga troceada de marca PRONACA y se conformó un panel sensorial compuesto por personas pertenecientes a la población ambateña con el fin de obtener información sobre la aceptabilidad de los consumidores, para esta tarea los panelistas no necesitaron ser entrenados ni seleccionados por su agudeza sensorial. Los resultados se utilizaron para predecir actitudes acerca de la aceptabilidad de la lechuga troceada UV-C.

La evaluación sensorial es innata en el hombre ya que desde el momento que se prueba algún producto, se hace un juicio acerca si le agrada o desagrada y describe cada uno de sus características tales como; aroma, color, textura y aceptabilidad, para la cual se utilizó una escala hedónica, la misma que contaba de 5 puntos (Anexo E).

En general, el análisis se lo realizó con el fin de encontrar el proceso adecuado que cumpla con todos los parámetros de calidad y aceptabilidad del producto por parte del consumidor final.

3.6.6 Metodología de cálculo de tiempo de vida útil.

El cálculo del tiempo de vida se efectuó mediante el contenido microbiano en las lechugas troceadas obtenidas del mejor tratamiento, y teniendo en cuenta la cinética que se obtienen de los resultados, así tenemos:

Según **CANEDA (1978)**.- El método de vidas medias se utiliza para calcular el orden de una reacción.

$$-\frac{dc}{dt} = Kc^m$$

3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez que se obtuvo toda la información en hojas de control, se procedió a tabular la información útil en el paquete informático Excel para procesar estos datos mediante las herramientas del mismo programa informático.

Los resultados se expresaron mediante tablas de datos y gráficas de dispersión y para comprobar la hipótesis de igualdad de efectos de los tratamientos experimentales se utilizó la tabla de análisis de varianza generada en el paquete informático Statgraphics. En caso de significancia estadística, para determinar el mejor tratamiento se empleó la prueba de Tukey generada en el paquete informático Statgraphics. El texto del informe fue realizado en Microsoft Word.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

En la Tabla A-1 del anexo A se presenta el detalle de los tratamientos, combinaciones y significados del diseño experimental aplicados en la lechuga. Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados en las lechugas troceadas: acidez, humedad, pH, aerobios mesófilos, mohos y levaduras, coliformes, *E. Coli*, *Salmonell* y *Shigella*, se encuentran en las tablas A2-A8; así como las respuestas de los catadores correspondientes al análisis sensorial de la lechuga en las tablas A10-A13 del anexo A; mientras que los respectivos análisis estadísticos se muestran en las tablas A2.1-A13.1 en el Anexo A. La información obtenida sobre tiempo de vida útil se muestra en las tablas B1-B4 del anexo B; y los gráficos de los datos obtenidos en el anexo C, que sustentan las apreciaciones técnicas descritas en la presente sección.

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

A continuación se describen los resultados de cada uno de los análisis físico-químicos efectuados en los tratamientos experimentales correspondientes a la combinación de distancia y tiempo; y se refieren a determinaciones de acidez, humedad y pH de cada tratamiento, pudiéndose observarse los datos en las tablas A2-A4.

4.2.1 Acidez

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 la lechuga, según sea el tejido analizado externo o interno, la cantidad inicial de ácido cítrico es distinto y evoluciona de manera independiente. Así, altas cantidades de dióxido de carbono solo producen aumentos de ácido cítrico en el tejido externo, en cambio, otros ácidos como el málico, se incrementan, tanto en el interno como en el externo. **(Ulrich,1970)**

Obsérvese la tabla A2 y el gráfico 7, donde se muestran los valores de acidez expresados en ácido cítrico, para los tratamientos. Nótese que en la lechuga, el valor más bajo es de 0.068% de ácido cítrico, mientras que el valor más alto es de 0.087% de ácido cítrico), que corresponden a los tratamientos de 50 cm - 5 min y 30 cm - 15 min, respectivamente. Se observa que la distancia a las lámparas de 30 cm produce un ligero incremento de la acidez con respecto a la lechuga sin tratamiento (0.080%), esto puede deberse a la acción de enzimas que podrían activarse por la radiación que ha elevado la temperatura dentro de la hortaliza aumentando el contenido de ácidos predominantes como es el cítrico y málico. Mientras que a la distancia de 50 cm produce un ligero decremento de acidez en las lechugas con respecto a la lechuga sin tratamiento. A mayor tiempo (15 min) existe un ligero incremento en la acidez, mientras que a menor tiempo (5 min), la acidez se mantiene estable en relación a la lechuga sin tratamiento 0.080%.

El análisis de varianza, que se reporta en la Tabla A2.1, muestra que existe efecto significativo ($\alpha=0,05$) del factor A (distancia), sobre la acidez de la lechuga; pero no existe efectos significativos para el factor B (tiempo). La prueba de Diferencia Mínima de Tukey para el efecto de la distancia, permite conocer tres rangos homogéneos deduciendo que todos los rangos de distancia difieren entre sí (Tabla A2.2). En la Tabla A2.2, la prueba de Tukey demuestra que la distancia de 30 cm de la lechuga troceada a las lámparas UV-C permite una mayor acidez. En consecuencia, se puede concluir que a menor distancia que se encuentre la lechuga, independientemente del tiempo, mayor es la concentración de ácido cítrico.

4.2.2 Humedad

Las frutas y hortalizas contienen sobre un 90% de agua y una ligera pérdida de este elemento afecta considerablemente su calidad. Durante un proceso de IV Gama, los productos están sujetos a una mayor deshidratación a causa de un incremento en el área expuesta del tejido. **(Price y Flores 1993)**

En la tabla A3 y gráfico 8, se expresan los valores de la humedad de las lechugas, luego de haber sido tratadas con UV-C. En ellas se puede observar que conforme se incrementa el tiempo de exposición de las lechugas a la radiación, la humedad tiende a elevarse, esto se debe a que existe un proceso metabólico de respiración de la hortaliza durante el tratamiento, dando lugar a la formación de agua.

En la tabla A3, se reporta los valores de porcentaje de humedad de las lechugas sometidas a tratamientos con radiación UV-C. En ella se puede observar que conforme se incrementa el tiempo de exposición de las lechugas a la radiación UV-C, la humedad tiende ligeramente a elevarse en relación a la lechuga sin tratamiento (94,84% de humedad). El tratamiento a_1b_2 (40 cm - 15 min) y la lechuga sin tratamiento (LST) poseen una humedad de 95,91% (la más alta) y 94.84%, respectivamente. Se observó que por el tiempo de 15 minutos de exposición de la lechuga a las lámparas UV-C, las lechugas troceadas emiten más calor, y existe mayor transpiración y exudación de la lechuga troceada, lo cual eleva ligeramente su humedad en aproximadamente el 1.17%. Lo anterior tiene incidencia en el almacenamiento posterior de la lechuga. Es decir, La exposición por 15 minutos del tratamiento UV-C provocó exudación o acumulación de humedad en el alimento puesto que la pared y membrana celular son inestables a la radiación UV-C por el calor que emiten las lámparas, provocando un ligero aumento en la humedad de la hortaliza. La pérdida de agua por transpiración de la lechuga es el cambio físico que ocurre por la existencia de una gradiente de la presión de vapor de agua entre la atmósfera externa y la interna próxima a la superficie de la hortaliza.

En la Tabla A3.1, se presenta el análisis de varianza para la humedad expresado en porcentaje. Nótese que no hay un efecto estadísticamente significativo ($\alpha < 0,05$) en el factor A (distancia) ni en el factor B (tiempo); tampoco existe interacción distancia-tiempo.

4.2.3 pH

El pH es uno de los parámetros que presenta menor variación durante el período de poscosecha 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. **(Colome 1999)**

En la tabla A4, se observan los valores de pH de las lechugas tratadas con radiación UV-C con sus diferentes tiempos y distancias, donde el pH, está entre un rango de 6.44 y 6.51. El pH de los tratamientos no varía significativamente con las lechugas sin tratamiento, la cual presenta un pH de 6.52; y no se encontraron cambios significativos durante el proceso de tratamiento con radiación UV-C.

En el Gráfico 9 se observa que los tratamientos a la distancia de 50 cm de las lámparas a las lechugas, tiene el valor más alto de pH. El análisis de varianza para esta variable se presenta en la Tabla A4.1, en la que se aprecia que factor A (distancia) no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el pH, con un 95,0% de nivel de confianza. Lo mismo ocurre con el factor B (tiempo), pues no existe un efecto significativo sobre el pH. Por lo cual se aceptó la hipótesis nula, de que los tratamientos con radiación ultravioleta de onda corta aplicados a la lechuga producen igual efecto en la calidad y por ende no es necesario aplicar la prueba de Tukey.

4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Durante el proceso de corte al romper las barreras naturales, se liberan nutrientes celulares y se permite la proliferación de microorganismos. Al aplicar pruebas microbiológicas se obtiene una información que permite: conocer las fuentes de contaminación del producto que se elaboró, evaluar normas de higiene utilizadas en la elaboración y manipulación del producto, detectar la posible presencia de patógenos que supongan un riesgo para la salud del consumidor, establecer cuando se producen alteraciones, con la finalidad de delimitar su periodo de conservación. **(Gallegos, J., 1996)**

Al tratar con productos que vienen del campo, éstos contienen numerosos organismos, los cuales se intentan erradicar o controlar durante las fases del lavado y tratadas con radiación UV-C de la materia prima. En la Tabla A5, se observa el recuento microbiano de aerobios mesófilos; en la tabla A6 el recuento de mohos y levaduras; en la A7 el recuento de coliformes; y en la A8 el recuento de *E. Coli*, *Salmonella* y *Shigella*.

4.3.1 Aerobios Mesófilos

La irradiación ultravioleta es una tecnología alternativa a la esterilización química utilizada para reducir el crecimiento de microorganismos en alimentos. La radiación UV-C adicionalmente induce mecanismos de defensa en tejido vegetal metabólicamente activo, de igual forma se ha observado que el tratamiento con UV-C induce la acumulación de poliaminas, las cuales pueden actuar como antioxidantes, causando una reducción de los síntomas de deterioro por microorganismos.

El número de microorganismos aerobios encontrados en la lechuga troceada es uno de los indicadores microbiológicos de calidad. El recuento de la flora mesófila tiene un valor limitado a la hora de juzgar la seguridad de los alimentos.

En la tabla A5 y Gráfico 10, se expresa el recuento total de aerobios mesofilos, expresados en UFC/g de lechuga, donde el tratamiento que tiene menor contenido de bacterias es el a₁b₂ (40 cm - 15 min) con un recuento de microorganismos de 1 x10³ UFC/g de lechuga, observándose una eficiencia del tratamiento de radiación UV-C de un 82.75% con referencia a lechuga sin tratamiento que contiene un recuento de 5.8 x10³ UFC/g de lechuga.

La eficiencia de destrucción de microorganismos se realizó con la siguiente formula: Eficiencia (%) = (N_o - N_t) / N_o x 100.

Ejemplo: Eficiencia (%) = (5.8 x10³ - 1.0 x10³) / (5.8 x10³) (100), obteniendo una eficiencia de destrucción de aerobios mesofilos del 82.75%.

Consecuentemente se comprueba que los tratamientos con UV-C reducen las cargas microbianas presentes en la lechuga. Esto se debe a que la onda corta de la radiación ultravioleta (UV-C) es perjudicial para los microorganismos, pues es eficaz en la destrucción de los ácidos nucleicos en estos organismos, de manera que su ADN se ve interrumpido por la radiación UV-C, eliminando sus capacidades reproductivas y luego los mata.

En la Tabla A5.1, se muestra el análisis de varianza para el recuento de aerobios mesofilos. Nótese que existe efecto significativo ($\alpha=0,05$) del factor A (distancia), sobre el crecimiento de microorganismos de la lechuga; pero no existe efectos significativos para el factor B (tiempo), ni para la interacción distancia - tiempo. En la tabla A5.2, se observa la prueba de diferencia mínima de Tukey para el efecto A (distancia), que permite conocer tres rangos homogéneos, deduciendo que todos los rangos de distancia difieren entre sí. Se observa una mayor eficiencia de destrucción de microorganismos a 40 cm con un 80,45%, seguido por el de 30 cm con un 76.43% y a 50 cm con un 52.67%, notándose una mayor eficiencia del tratamiento a una distancia de 40 cm.

Con respecto al tiempo de exposición, en el gráfico 10 se observa que los tiempos de 15 min disminuyen considerablemente la carga microbiana con respecto al de 5 min. Considerando de esta manera que la mejor distancia estaría entre 40 y 30 cm por tiempos de 15 y 10 min.

4.3.2 Mohos y Levaduras

Es de gran importancia cuantificar los mohos y levaduras en los alimentos, puesto que al establecer la cuenta de estos microorganismos, permite su utilización como un indicador de prácticas sanitarias inadecuadas durante la producción y el almacenamiento de los productos, así como el uso de materia prima inadecuada. **(Mitchell, F., 1996)**

Luego, considerando que los tratamientos con radiación UV-C reduce significativamente el número de UFC/g, se realizaron recuentos con la finalidad de determinar si los tratamientos controlaban la incidencia de los mohos y levaduras. En la tabla A6, se presenta los valores del recuento de mohos y levaduras expresadas en UFC/g de lechuga obtenidos mediante recuentos realizados a lechugas tratadas con radiación UV-C. Los resultados indican que el tratamiento a_1b_2 (40 cm - 15 min) presenta un recuento menor de 2.1×10^2 UFC/g de lechuga, comparando con el recuento de lechuga sin tratamiento que es de 1.6×10^3 UFC/g de lechuga, entonces se puede identificar que existe una eficiencia de la radiación UV-C en la lechuga del 86.87%. Este es un valor muy aceptable de eficiencia ya que tenemos que tener en cuenta que la forma de la lechuga troceada no siempre es plana, por la morfología propia de la lechuga.

En la Tabla A6.1 del anexo A, se reporta el análisis de varianza para mohos y levaduras. Nótese que existe efecto significativo ($\alpha=0.05$) del factor A (distancia) sobre el crecimiento de mohos y levaduras de la lechuga; también existe efecto significativo para el factor B (tiempo). Por lo cual se realizó la prueba de Tukey para el efecto de distancia y el efecto tiempo.

La prueba de diferencia mínima significativa de Tukey aplicado para el factor A (distancia) se puede observar en la tabla A6.2, donde se muestra que existe mayor poder de eficiencia a una distancia de 40 cm con 82.58%, seguida de 30 cm con un 73.67%.

La prueba de diferencia mínima significativa de Tukey aplicado para el factor B (tiempo) se puede observar en la tabla A6.3, donde se muestra que a mayor tiempo, es decir 15 min, existe mayor eficiencia de destrucción de microorganismos con un 81,14%, seguida con el tiempo de 10 min con 76.50%.

En el gráfico 11 se observa que a medida que el tiempo de aplicación de UV-C se incrementa existe mayor destrucción de microorganismos. Lo anterior permite aceptar la hipótesis alternativa H_1 , de que por lo menos un tratamiento con radiación ultravioleta de onda corta produce un efecto distinto en la calidad microbiológica de la lechuga.

4.3.3 Coliformes

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. **(Horst Berger, 2007)**

En la tabla A7 se observa el recuento de coliformes en las lechugas tratadas con UV-C, cuyos valores oscilan entre 1.6×10^1 y 6.0×10^1 UFC/g. La baja contaminación se puede deber a que la lechuga es traída directamente del cantón Pillaro, por lo cual no tiene mucha contaminación por intermediación; cabe indicar también que el cantón cuenta con una de las mejores aguas de regadío que proviene de los páramos, por lo cual no viene ni con residuos, ni se mezcla con aguas servidas del lugar y es canalizado en acequias de cemento tapadas.

En la tabla A7, se observa que todos los tratamientos presenta menor recuento de coliformes (entre a_0b_2 1.6×10^1 y a_2b_0 6.0×10^1) con respecto a la lechuga sin tratamiento (1.8×10^2). Demostrándose la eficiencia del tratamiento a_0b_2 (30 cm * 10 min) con un valor del 91.11%, mientras que en el tratamiento a_2b_0 (50 cm * 5 min) una eficiencia del 66.66%. En consecuencia, la radiación reduce el crecimiento y proliferación de coliformes en la lechuga.

El análisis de varianza reportado en la tabla A7.1, indica que si existe diferencia significativa ($\alpha=0,05$) para el efecto A (distancia), mientras que para el factor B (tiempo) no existe diferencia significativa ($\alpha=0,05$). Por lo cual se realizó la prueba de Tukey (tabla A7.2) para el factor A (distancia), donde se observa una mayor reducción de microorganismos a una distancia de 30 y 40 cm.

El gráfico 11 indica el recuento de coliformes vs tiempo, donde se observa claramente la disminución de los microorganismos, dando una mayor reducción de microorganismos a un tiempo de 15 minutos para las tres distancias.

4.3.4 E. Coli

El conteo *E. coli* se realizó en placas “Petrifilm” 3M, el cual contiene agar deshidratado de Bilis Rojo Violeta (VRB por sus siglas en inglés), un agente de gelificación soluble en agua fría, un indicador deglucuronidasa para identificar *E. coli*, y un indicador del tetrazolio para facilitar la visualización de otras bacterias coliformes gram negativas (no *E. coli*). De cada una de las diluciones seriadas (10^{-1} – 10^{-3}) se vertió 1 ml de muestra sobre las láminas y se colocó en el centro de la lámina inferior. Se distribuyó la muestra uniformemente colocando el disco de dispersión con una presión ligeramente hacia abajo desde el centro y se dejó hasta que el medio se solidificó. Estas láminas se incubaron a ± 35 °C por 24 ± 2 horas. Luego de este período de incubación, utilizando un contador de colonias, se enumeró el crecimiento de bacterias. Aquellas colonias de color azul con presencia de gas se tomó como indicativo de presencia de *E. coli*, lo cual no se encontró en las placas Petrifilm con las muestras de la lechuga troceada previamente tratadas con la radiación UV-C. Otras colonias de coliformes de color rojo y con presencia de gas, también se tuvieron en cuenta, según el método aprobado por la AOAC.

En la tabla A8 se muestra que la presencia de *E. coli* es <10 UFC/g, esto indica que la lechuga es de buena calidad sanitaria. Al ser una bacteria que reside en el intestino y se transmite por las heces, su aparición, sobre todo en

concentraciones altas, es un indicador de que el producto ha sufrido algún tipo de contaminación.

Los factores que se involucran en la ausencia de *E. coli* son: las hojas del interior de la lechuga en donde no existía presencia de agua, tampoco tierra, debido que se desechó las hojas en mal estado el exterior que están en contacto con el agua y con el suelo mismo del cultivo; otro factor es el agua de regadío de los páramos que baja en acequias tapadas y hechas de cemento no permitiendo de esta manera una contaminación cruzada del agua de regadío; y el uso de pesticidas durante el cultivo que reduce la contaminación por microorganismos.

Al no existir presencia de *E. coli*, en los testigos y en los tratamientos, se envió una muestra aleatoria (a_2b_2) de lechuga troceada al Laboratorio de Control y Análisis de los Alimentos LACONAL de la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo de Tecnología de Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, donde se obtuvo los mismos resultados que los encontrados en la presente investigación con un valor de <10 UFC/g de *E. coli* en lechuga, observar Anexo F. En los tratamientos no se pudo observar una eficiencia de la radiación UVC en la eliminación de *E. coli*, debido a la ausencia de este microorganismo en la lechuga troceada sin tratamiento.

Al haber ausencia de *E. coli* en los tratamientos, se reportó como <10 ufc/g, cabe destacar que la norma microbiológica para hortalizas crudas, tomado como referencia, indica que la lechuga troceada se elaboró en las mejores condiciones, siendo apto para el consumo humano.

La ausencia de microorganismos presentes en las lechugas troceadas analizadas pudo estar influenciada por algunas prácticas adecuadas durante el manejo, elaboración de las mismas y a la procedencia de agua de regadío.

4.3.5 *Salmonella*

Las bacterias del género *Salmonella* son una de las bacterias patógenas más importantes que pueden provocar enfermedades en el hombre por ingestión de alimentos contaminados. **(Kenia Barrantes, 2009)**

En la tabla A8, se indica la ausencia de *Salmonella*, pese a que los patógenos bacterianos forman parte del medio ambiente, pueden contaminar fácilmente las hortalizas si no se manipulan adecuadamente antes del consumo. En el anexo F se encuentra el certificado del análisis microbiológico emitida por el LACONAL, en la cual confirma la información obtenida en la presente investigación. Los posibles factores que afectan la ausencia de *Salmonella* en el testigo y en los tratamientos son las hojas de lechuga del interior que no están en contacto con la tierra, la calidad del agua de regadío, apropiada manipulación y otros.

4.3.6 *Shigella*

Shigella tiene como únicos huéspedes al ser humano y a los primates. La enfermedad se transmite de persona a persona por la vía fecal-oral, por alimentos contaminados donde el vector de transmisión son las moscas, o por el uso de aguas contaminadas para la preparación de los mismos.

El número de bacterias necesario para provocar enfermedades humanas varía con el tipo de organismo y la edad y el estado del huésped. En algunos casos es necesario que haya más de un millón de bacterias patogénicas por gramo o cm² de superficie del alimento para que se produzca una enfermedad. Sin embargo, algunos patógenos pueden provocar enfermedades en cantidades muchos menores, donde las especies de *Shigella* son agentes altamente infecciosos, con una dosis infectiva de tan sólo 10 células.

La tabla A8 indica la ausencia de *Shigella* y en el anexo F se confirma los datos obtenidos de ausencia de *Shigella*

4.4 SELECCIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO

En la tabla A9, se muestran los dos mejores tratamientos, seleccionados por los mejores resultados de eliminación de microorganismos y eficiencia de la radiación UVC, y observando los parámetros de calidad de las lechugas. El tratamiento a_0b_1 , perteneciente a una distancia de 30 cm y un tiempo de 10 min de exposición de la hortaliza a la radiación UV-C, disminuye considerablemente el crecimiento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras y coliformes, la humedad del producto es menor, lo cual es muy importante para el periodo de perduración de la lechuga en el almacenamiento. Mientras el tratamiento a_1b_2 , que corresponde a una distancia de 40 cm por un tiempo de 15 min, se obtuvo también la eliminación de microorganismos y similar calidad físico-químico que el primer tratamiento. Comparando los dos tratamientos, se observó que el tratamiento a_1b_2 presenta una mayor deshidratación en las muestras de lechuga troceada, lo cual afecta a su vida útil; por lo tanto, se seleccionó como el mejor tratamiento a a_0b_1 (30 cm – 10 min).

4.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS SENSORIALES DEL MEJOR TRATAMIENTO

Se denomina análisis organoléptico al conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos receptadas por uno o más de los sentidos humanos. **(Saltos H. A., 1993)**

En las tablas A10-A13 se detallan los resultados de las respuestas sensoriales: aroma, color, textura y aceptabilidad, correspondientes al mejor tratamiento (a_0b_1), en comparación con lechuga criolla que se encuentra en venta en los supermercados, de la marca PRONACA.

En el anexo E se observa la hoja de cataciones dispuesta para la recolección de información de los atributos sensoriales de las lechugas troceadas. Se establece los resultados sobre 5 puntos para los atributos: color, aroma, textura y aceptabilidad, en lechuga troceada del mejor tratamiento con radiación UVC (a_0b_1) y lechuga criolla de la marca PRONACA.

4.5.1 Aroma

El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos, consiste en la percepción de las sustancias olorosas y aromáticas de un alimento después de haberse puesto en la boca.

En la Tabla A10 se presenta los resultados del análisis sensorial correspondiente al atributo aroma en lechugas tratadas con UV-C (a_0b_1) y lechugas de la marca PRONACA. Los catadores calificaron desde 1 (desagrada mucho) hasta 5 (agrada mucho). Los valores promedio son: 3.6 (61%) para lechuga tratada con radiación UVC, que en la escala significa “agrada”, mientras que para las lechugas de la marca PRONACA un valor promedio de 2.3 (39%), lo cual significa “desagrada poco” al catador. Presentando la lechuga con radiación UVC una puntuación mayor de aceptación en la característica de aroma apetecible por el consumidor.

En la tabla A10.1, se detalla el análisis de varianza, y se llegó a la conclusión de que si existe diferencia significativa ($\alpha=0,05$) en el efecto A (tratamiento), pero no así en el efecto B (catadores).

En el Gráfico 13 se puede observar que las lechugas tratados con radiación UV-C corresponde a “agrada” con un 61%, mientras que la lechuga PRONACA corresponde a “desagrada poco” con el 39%; esta podría explicarse a que la radiación UV-C no deja residuos químicos en la superficie de la lechuga, lo cual no sucede con la lechuga PRONACA, que son tratadas y lavadas con inmersiones de cloro, lo cual deja un aroma desagradable en la lechuga.

4.5.2 Color

La importancia del color de un alimento es muy grande, ya que se le considera no solo como índice de calidad sino también concede carácter distintivo a los

alimentos a los cuales está habituado el consumidor, haciendo decoro a la frase “cada día se come más con los ojos”. **(Saltos H. A., 1993)**

En la Tabla A11, se indica el análisis sensorial de color para lechugas de la marca PRONACA y con tratamiento UV-C, las valoraciones de las cataciones van desde 1(verde muy débil) hasta 5 (verde brillante). Los promedios son: 3.7 (verde intenso) en las lechugas PRONACA y 4.0 (verde intenso) para lechugas tratadas con radiación UV-C. El color verde intenso observado en las lechugas se debe a la presencia de clorofila.

El análisis de varianza para el color de la lechuga se detalla en la Tabla A11.1 y se llegó a la conclusión que no existe diferencia significativa = 0.05 en el efecto A (tratamientos) ni en el efecto B (catadores).

En el Gráfico 14 se puede ver la valoración de la característica organoléptica color de las lechugas, en donde se observa que las que fueron tratadas con radiación UV-C corresponde a “verde intenso” (52%), mientras que la marca PRONACA (48%), indicando que no afecta la radiación UVC al color de la lechuga troceada.

4.5.3 Textura

El atributo de textura que se observa en la Tabla A12, reporta los valores obtenidos para lechugas de la marca PRONACA y lechugas con tratamiento UV-C en un rango que va desde 1 (desagrada mucho) hasta 5 (agrada mucho). Observándose promedios de 2.8 (ni agrada ni desagrada) para las lechugas PRONACA y 2,6 (ni agrada ni desagrada) para lechugas tratadas con radiación UV-C. La textura de las lechugas está determinada básicamente por la turgencia, que a su vez depende del contenido de humedad.

Mediante el análisis estadístico presentado en la tabla A12.1 previsto para este parámetro se llegó a la conclusión que no existe diferencia significativa ($\alpha=0,05$), en el tratamiento ni en catadores, por lo que se deduce que no existe influencia de la radiación UV-C en este atributo de la lechuga troceada.

En el Gráfico 15 se puede observar la valoración de la característica organoléptica textura en lechugas, cuya representación permite darse cuenta que las lechugas de la marca PRONACA tiene un valor promedio del 51% (ni agrada ni desagrada), y las lechugas tratadas con radiación UVC tiene un valor de 49% (ni agrada ni desagrada).

4.5.4 Aceptabilidad

En la Tabla A13, se indica los valores de aceptabilidad para lechugas de la marca PRONACA y lechugas con tratamiento UV-C, las valoraciones de las cataciones van desde 1 (desagrada mucho) hasta 5 (agrada mucho). Los promedios de 2.8 (ni agrada ni desagrada) para lechugas de la marca PRONACA y 4.2 (agrada) para las lechugas tratadas con radiación UVC, indican una diferencia clara entre los 2 promedios. Posiblemente el aroma a cloro que se percibe en la lechuga PRONACA influye en su baja aceptabilidad, lo cual no ocurre con la lechuga tratada con UV-C.

En la tabla A13.1 se detalla el análisis de varianza y se llegó a la conclusión de que si existe diferencia significativa ($\alpha=0,05$) en el efecto A (tratamiento), pero no así en el efecto B (catadores).

En el gráfico 16 se puede observar que el promedio 4.2 (agrada) de las lechugas tratadas con radiación UVC corresponden a un 60%, mientras que el promedio 2.8 (ni agrada ni desagrada) de las lechugas de la marca PRONACA corresponden a un 40%. Los resultados evidencian que la marca PRONACA tiene un aroma desagradable en la lechuga por la utilización del cloro que afecta notablemente a este producto.

En el gráfico 17, se presenta una comparación de los atributos sensoriales de las lechugas tratadas con radiación UV-C y de la marca PRONACA, donde se observa que existe mayor aceptabilidad por la lechuga tratada con radiación UV-C, la cual es una tecnología más limpia para el ambiente y más saludable para el consumidor al no dejar residuos químicos. Considerando los mejores

resultados de la lechuga tratada con radiación UV-C, se considera prioritario su aplicación y promoción.

4.6 VIDA ÚTIL DE LA LECHUGA TRATADA CON RADIACIÓN UV-C TOMANDO EN CUENTA EL MEJOR TRATAMIENTO

En resumen, a continuación se presentan las determinaciones de la vida útil de las lechugas tratadas con UV-C (LCT) y sin tratamiento (LST), en base a aerobios mesófilos, coliformes y mohos y levaduras (Tabla B4 y Anexo E).

Aerobios mesófilos

Lechuga con tratamiento (LCT)

$$t = \frac{\log(1.00E5) - 3.6469}{0.1488}$$

$$t = 9 \text{ días}$$

Lechuga sin tratamiento (LST)

$$t = \frac{\log(1.00E5) - 3.9728}{0.1436}$$

$$t = 7 \text{ días}$$

Coliformes

Lechuga con tratamiento (LCT)

$$t = \frac{\log(100) - 1.0273}{0.1094}$$

$$t = 8 \text{ días}$$

Lechuga sin tratamiento (LST)

$$t = \frac{\log(100) - 1.5113}{0.073}$$

$$t = 7 \text{ días}$$

Mohos y levaduras

Lechuga con tratamiento (LCT)

$$t = \frac{\log(1.00E3) - 2.6146}{0.0386}$$

$$t = 9 \text{ días}$$

Lechuga sin tratamiento (LST)

$$t = \frac{\log(1.00E3) - 2.8494}{0.0256}$$

$$t = 6 \text{ días}$$

Análisis del tiempo de vida de útil

Para conocer el tiempo de vida útil de la lechuga envasada y almacenada en refrigeración se realizó comparaciones de los análisis microbiológicos de las lechugas tratadas con radiación UV-C a una distancia de 30 cm por un tiempo

de 10 min y lechugas sin tratamiento almacenadas en las mismas condiciones. Se realizó siembras periódicas cada 48 horas para determinar el recuento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras y coliformes durante un periodo de 2 semanas.

Se tomó en cuenta los factores que inciden en la conservación de la lechuga, como el efecto físico inmediato del acto mecánico de corte en el tejido, la liberación de fluidos intercelulares a la superficie, la exposición del tejido a los contaminantes, la respuesta rápida al daño expresada en el incremento en la velocidad de respiración y producción de etileno, estos cambios fisiológicos se pudieron inducir a través del tamaño de los cortes y lavadas con agua a una temperatura de 4°C.

Debido que la respiración es un proceso que involucra un deterioro progresivo de los alimentos por el gasto de su contenido nutricional en forma de calor vital; las lechugas procesadas fueron cortadas en cuadritos de aproximadamente 5 a 6 centímetros de lado, de esta manera se trata de influir en la velocidad de respiración (aquella que indica la rapidez con la cual se producen los cambios en la composición de un producto y se determina por la tasa de producción de dióxido de carbono), y producción de etileno.

Los resultados del crecimiento de aerobios mesófilos indicados en la tabla B1 y gráfico 18, muestran una comparación del mejor tratamiento con radiación UV-C (30 cm x 10 min) (LCT), con lechuga sin tratamiento (LST), donde se pudo observar que las (LCT) se mantuvieron en mejor estado de color y textura, manteniendo sus propiedades organolépticas por un tiempo de 9 días(tiempo de vida útil), a los 10 días se pudo observar ablandamiento y oxidación del tejido por la transpiración y respiración de la lechuga. Mientras, que en la lechuga sin tratamiento (LST) se pudo observar pequeñas partes de oxidación, transpiración del tejido y su textura estaba blanda; por lo que se pudo observar que con el tratamiento UV-C se pudo aumentar su tiempo de vida útil del producto en 2 días.

Los resultados del crecimiento de mohos y levaduras indicados en la tabla B2 y en el gráfico 20, muestran que la lechuga con tratamiento (LCT) inician en el día 1 con un menor recuento de mohos y levadura, verificando así la

eficiencia de la radiación (UV-C) en la lechuga mientras que en la lechuga sin tratamiento (LST) en el día 1 se observó mayor recuento de microorganismos. Con el tratamiento se pudo alargar el tiempo de vida útil del producto en 3 días, lo cual comprueba que el tratamiento con radiación UVC y la temperatura de almacenamiento influye directamente en el tiempo de vida útil en forma positiva.

La tabla B3 y el gráfico 22 corresponden al crecimiento de coliformes, donde se observa el tiempo de vida útil de 8 días en lechugas tratadas y 7 en las no tratadas. Las lechugas en refrigeración fueron de excelente calidad, libres de daños mecánicos y no presentaban características de deterioro, como marchitez por pérdida de agua por transpiración y amarillamiento en sus hojas; pero a los 9 días en refrigeración se observaron síntomas de deshidratación, ablandamiento, y el apareamiento de oxidación.

Vale manifestar que mediante esta investigación se logró incrementar entre dos tres días la vida útil de las lechugas, manteniendo características aceptables, lo cual comprueba que el tratamiento con radiación UV-C y la temperatura de almacenamiento influye directamente en el tiempo de vida útil en forma positiva.

Al elaborarse el producto bajo condiciones adecuadas de asepsia, utilizando materia prima en el mejor estado de conservación, se logró obtener un producto (LCT) con un mayor tiempo de vida de anaquel en relación a la lechuga sin tratamiento (LST), por lo cual el tratamiento es exitoso en la reducción de microorganismos disminuyendo el crecimiento microbiano de aerobios mesófilos, coliformes, mohos y levaduras y logrando obtener un tiempo de vida de anaquel más amplio.

4.7 ESTUDIO ECONÓMICO.

Con el fin de implementar la tecnología de conservación de lechuga mediante tratamiento con radiación UV-C, se propuso realizar el estudio económico sobre la factibilidad de la implementación de una microempresa de conservación de lechuga lista para el consumo.

4.7.1 Materiales directos

Materiales	Cantidad usada (kg)	Valor Unitario (\$)	Precio total (\$)
Lechuga	50	1,20	60.00
Envases	100	0,20	20.00
		Total (\$)	80.00

4.7.2 Equipos y Utensilios

Equipo	Costo (\$)	Vida Útil (años)	Costo Anual(\$)	Costo Día(\$)	Costo Hora(\$)	Horas de uso	Costo de uso(\$)
Balanza Analítica	300	5	60	0,24	0,030	0,3	0,009
Equipo UV-C	500	10	50	0,20	0,025	2.0	0,050
Mesas Metálicas	1000	10	100	0,41	0,051	2.0	0,100
Materiales de laboratorio	1000	5	200	0,83	0,103	6.0	0,610
Utensilios varios	600	5	120	0,48	0,060	2.0	0,120
Total(\$) USD							0,879

4.7.3. Suministros

Servicio	Unidad	Consumo	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Agua	m3	2,00	0,20	0,4
Energía	Kw-h	40,00	0,16	6,4
Teléfono	Min	80,00	0,02	1,6
Total (\$) USD				8,4

4.7.4. Personal

Personal	Sueldo	Días laborables	Horas laborables	Costo Día (\$)	Costo Hora (\$)	Horas utilizada	Total (\$)
1	381,4	20	8	19,07	2,38	8	19,07
Total (\$) USD							19,07

4.7.5. Costo de Producción

Capital de Trabajo	Monto
1. Materiales Directos e Indirectos	80,00
2. Equipos	0,88
3. Suministros	8,40
4. Personal	19,07
Total(\$) USD	108,4

Resumen del análisis económico realizado

Costo Total de producción (\$)	108,35
Costo de 500 gramos de lechuga (\$)	1,08
Precio de venta unitario (\$)	1,40
Precio de venta total (\$)	140,85
Utilidad por bandeja (\$)	0,325
Utilidad total diaria (\$)	32,51

A continuación se detalla el análisis de costos para este tratamiento sobre una base de 50 kg de lechuga. Ingresan: 50 kg de lechuga se obtiene: 100 bandejas de 500 g y se venden a razón de 1.40\$ USD. El costo unitario de la bandeja de 500 g es de 1.40\$ USD. Existe una utilidad de 0.325 centavos por bandeja y una utilidad total diaria de 32.51\$ USD.

En definitiva, la tecnología del proceso de conservación de lechuga troceada es recomendable, desde el punto de vista, tecnológico y económico. El precio señalado en el presente estudio resulta de ensayos a escala de laboratorio, no obstante con un volumen alto de materia prima, los costos de producción disminuyen y aumenta la utilidad; lo cual la disposición de hortalizas listas para el consumo y a un precio moderado.

4.8. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En la Tabla A14, se muestra con mayor detalle la verificación de hipótesis. Para rechazar H_0 (Hipótesis nula) al 5% de significancia, la Razón de Varianza está sujeta a la siguiente regla de decisión: los valores de probabilidad deben ser menor que 0,05. Se resume los valores de la probabilidad y F_{tablas} para cada respuesta experimental, a un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se destaca lo siguiente:

No se ha encontrado efecto significativo al 5% para las variables respuestas, esto es para pH y humedad.

Hay efecto significativo al 5% en el factor distancia con respecto a acidez, coliformes, mohos y levaduras y aerobios mesófilos.

Hay efecto significativo al 5% en el factor tiempo sobre mohos y levaduras.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se comprobó que los tratamientos con radiación UV-C provocan un mejoramiento en la calidad de la lechuga troceada, en consecuencia se lo puede utilizar como alternativa para prolongar el tiempo de vida útil y reducir la carga microbiana de las mismas. Lo mencionado resulta de mucho interés para los productores de lechuga, ya que con una baja inversión se conseguiría comercializar hortalizas de excelente calidad con atributos sensoriales agradables y parámetros microbiológicos inofensivos para el consumidor.
- Las propiedades físico-químicas de las lechugas no se vieron influenciadas por los tratamientos con radiación UV-C, sino más bien por los procesos fisiológicos normales de oxidación durante el almacenamiento de la hortaliza. La evaluación sensorial de los atributos de aroma, color, aceptabilidad y textura de las lechugas troceadas demostró que no existen cambios significativos al final del periodo de almacenamiento. El contenido de microorganismos se encuentran dentro de parámetros establecidos en las industrias alimentarias que es el de no exceder el valor de $10E5$ UFC/g, teniendo como resultado un producto inocuo y apto para el consumo humano. Los tratamientos con radiación UV-C influyen directamente sobre los parámetros de calidad e higiene, disminuyendo la cantidad microbiana y mejorando las características sensoriales de la lechuga.

- El utilizar la radiación UV-C como medio de destrucción de microorganismos en lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Capitata contribuye en la reducción de la carga microbiana, existiendo una relación directa entre el tiempo de exposición, distancia de las lámparas UV-C en contacto con las lechugas troceadas y la letalidad de los microorganismos, teniendo como resultado características microbiológicas, físico-químicas y sensoriales aceptables. Por lo tanto, se determinó que el mejor tratamiento es el a0b1 (30 cm – 10 min), mismo que presenta las siguientes características: acidez 0.083, pH 6.47, humedad 95.34, aerobios mesófilos 1.5×10^3 UFC/g, mohos y levaduras 3.6×10^2 UFC/g, coliformes 1.6×10^1 UFC/g, *E. coli* <10 UFC/g, y no se detecta *Salmonella* y *Shigella*.
- En la determinación de la vida útil de la lechuga tratada del mejor tratamiento, se analizó el contenido de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, y coliformes durante 2 semanas, observándose características microbiológicas aceptables hasta los 6 días en las sin tratamiento y de 9 días en las tratadas con UV-C. Estos valores se obtuvieron mediante el cálculo de la vida útil respectivo. Por lo tanto, el tratamiento con radiación UV-C y la refrigeración influyen directamente en el incremento del tiempo de vida útil en forma positiva, prolongando el almacenamiento de la lechuga en 2 a 3 días.
- El estudio económico del proceso de producción de lechuga señaló una adecuada rentabilidad (032 USD/bandeja). En efecto el precio de 500 g de lechuga envasados en bandejas es DE \$1.40 USD. En adición al precio, el envase mejora la presentación y facilita su venta.

5.2 RECOMENDACIONES

- Con fin de mejorar y complementar la tecnología de la radiación UVC, se sugiere realizar el estudio de tiempo de vida útil de la lechuga mediante el uso de empaques con atmosferas modificadas, lo cual permitirá aumentar su tiempo de vida útil.

- Ampliar estudios de conservación de hortalizas listas para el consumo en nuestro país, evaluando características físico-químicas, sensoriales y microbiológicas, con el fin de rescatar y diversificar el consumo de alimentos más sanos.
- Establecer parámetros de calidad comercial que permita normar la calidad e inocuidad de las hortalizas frescas cortadas.
- Tomar acciones correctivas que minimicen los riesgos de contaminación microbiológica durante el proceso de producción, que incluya la capacitación de los productores y su personal sobre Buenas Prácticas Agrícolas.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS.

- Título: “Estudio del efecto en el almacenamiento mediante el uso de atmosferas modificadas en lechuga tratada con radiación de onda corta UV-C a 30 cm”.
- Institución Ejecutora: Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Laboratorio de la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de alimentos UOITA.
- Beneficiarios: Agricultores, comerciantes, trasportista y distribuidores de lechuga.
- Ubicación: Ambato Ecuador
- Tiempo estimado para la ejecución : 6 meses

Inicio: Agosto del 2013 Final: Febrero 2014
- Equipo técnico responsable: Egdo. Darío Suárez, Ph.D. Milton Ramos, Ing. Mario Álvarez.
- Costo: \$ 1700

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En la actualidad, el consumidor tiene la tendencia a adquirir productos frescos y naturales, sin aditivos. Al mismo tiempo la vida ajetreada, sobre todo de las grandes ciudades, y la incorporación de la mujer al mundo laboral, hacen que la sociedad demande cada vez con mayor insistencia productos ya preparados y listos para su consumo.

Las ensaladas envasadas en atmósfera modificada, denominadas por los franceses como vegetales de IV Gama, son vegetales troceados, lavados y envasados en bolsas de películas plásticas. Pueden o no ser inyectados con diferentes combinaciones gaseosas en el momento del envasado. La atmósfera en el interior del envase se modifica durante el almacenamiento fruto de la respiración del vegetal y el metabolismo microbiano. El interior del envase va sufriendo un paulatino cambio de su atmósfera, enriqueciéndose con CO₂ y consumiendo el O₂ presente. Los mecanismos por los cuales el CO₂ actúa inhibiendo el desarrollo microbiano no se conocen con exactitud, aunque son diversas las hipótesis formuladas. El alimento envasado en atmósfera modificada conserva sus características organolépticas durante mucho más tiempo que los conservados en ambiente aerobio. Durante el almacenamiento, la composición gaseosa creada no sólo actúa sobre los microorganismos sino también retardando la respiración de los vegetales y por lo tanto retardando su alteración y alargando su vida útil comercial. **(Acedaño B. Scwentesiuss 2002).**

El Envasado en Atmósfera Modificada implica una modificación de la atmósfera del envase, lo cual afecta el proceso de respiración del producto y la transferencia de gases a través del envase. Así, esta atmósfera puede reducir la tasa respiratoria entre otros factores permitiendo que el alimento se conserve de mejor manera y se mantenga fresco.

La modificación de esta composición dentro del envase alimentario, disminuyendo la concentración de oxígeno y aumentando la del dióxido de carbono, se ha visto que extiende la vida útil del producto refrigerado **(Brody L. Aaron 1996)**

Dentro de las técnicas más utilizadas para la conservación de frutas y hortalizas encontramos la refrigeración, el uso de atmósferas controladas, uso de absorbentes de etileno, aplicación de películas cubrientes y aplicación exógena de fitoreguladores.

La conservación refrigerada bajo condiciones óptimas permite reducir las pérdidas cualitativas y cuantitativas debidas a desórdenes fisiológicos y podredumbres, retrasar la maduración y senescencia y prolongar la vida comercial de los productos hortofrutícolas en general, con calidad idónea para consumo en fresco o industrial. **(Parry R.T. 1995)**

En el envasado bajo atmósfera modificada, es fundamental la reducción del oxígeno que queda en la parte superior a niveles inferiores al 1%, evitando así los procesos de oxidación y deterioro en la presentación del producto (color, sabor, olor). A bajas concentraciones, se reduce o inhibe el crecimiento de muchos microorganismos, y la velocidad de los procesos de degradación; sin embargo, en el caso de productos que respiran y las carnes refrigeradas, debe existir un mínimo, para mantener el color del producto, además de ser recomendable evitar un ambiente anaeróbico (sin oxígeno), por el riesgo de desarrollo de la bacteria botulínica. **(Brody L. Aaron. 1996)**

En los últimos años, ha habido un alto incremento en la industria de productos vegetales frescos cortados o mínimamente procesados; esta industria requiere del desarrollo de nuevos y mejores métodos para mantener la calidad de los productos y extender su vida útil, debido a que una de las características de este tipo de productos, es conservar la naturaleza de alimento fresco y “vivo”, por lo que sólo se permite la aplicación de un número reducido de tratamientos. Las técnicas más utilizadas son las atmósferas modificadas y/o atmósferas controladas y la conservación a bajas temperaturas

El envasado en atmósferas modificadas, es una técnica simple y sencilla que utiliza materiales poliméricos que permiten el intercambio gaseoso y proporcionan una atmósfera diferente a la normal alrededor del producto. Es utilizado ampliamente para la preservación de varios tipos de alimentos. Entre los materiales poliméricos utilizados se encuentran: el polietileno de alta y baja densidad, polipropileno, acetato de celulosa y cloruro de polivinilo. Cada una de

estas películas presenta distinta permeabilidad a los diferentes gases y vapor de agua, facilidad de sellado y resistencia mecánica. **(Yahia, 1998)**

La selección de la atmósfera apropiada para el producto cortado depende del tipo de cultivar, estado de madurez, las características del producto y del ambiente. No hay una atmósfera general para los productos, éstas deben de ser analizadas y determinadas. Esto hace necesario encontrar condiciones específicas, para cada uno de los productos hortofrutícolas. **(González-Aguilar, 2001)**

Uno de los principales efectos de la atmósfera modificada sobre el metabolismo de frutos y hortalizas es el descenso de la tasa respiratoria, con una disminución en el consumo de sustratos, producción de CO₂, consumo de O₂ y desprendimiento de calor. El resultado es un frenado del metabolismo y por tanto una vida de conservación potencialmente más larga. La disminución de la intensidad respiratoria depende fundamentalmente de la especie y de la composición gaseosa en el interior del envase cuando se alcanza la atmósfera de equilibrio. **(Horst Berger, 2007)**

La disminución de la intensidad respiratoria de los productos sometidos a AM, es proporcional a la concentración de oxígeno, aunque es necesario que ésta no sea inferior al 3%, pues de lo contrario se iniciará el metabolismo anaerobio, con descarboxilación de ácido pirúvico a acetaldehído y CO₂ y finalmente formación de etanol.

Niveles altos de CO₂ pueden también afectar a la respiración, cuando la concentración es elevada, del orden del 20%, en función del material vegetal, y de la concentración de O₂ se puede inducir la respiración anaerobia.

Concretamente, la popularidad que las frutas y hortalizas cortadas van adquiriendo se debe a la demanda de productos de alta calidad que mantengan las características organolépticas y nutricionales de los productos frescos; se puede observar que los efectos son muy variados, así como los beneficios que se obtienen, los cuales pueden ser mayores si se toman en cuenta todos los factores que afectan la calidad del producto o si se utilizan en combinación con otras tecnologías.

6.3 JUSTIFICACION

El proyecto de investigación emerge como una idea de comprender las consecuencias de las pérdidas durante la post cosecha de la lechuga en los agricultores de la provincia del Tungurahua y en el país; mediante esta tecnología se podría alargar el tiempo de vida útil y a su vez la salud del consumidor estará garantizado de ingerir lechugas listas para el consumo de un nivel alto de inocuidad.

Durante la última década han aparecido una serie de factores que motivan un cambio y reestructuración profundo en el sector agroalimentario, cambio que es continuo y que prosigue, hoy en día, con la aparición de nuevos productos, la apertura y globalización de los mercados, la implantación de nuevas tecnologías y métodos de trabajo. Las empresas se ven obligadas a una continua actualización con el fin de mantener o mejorar su nivel competitivo.

La orientación de la empresa agroalimentaria hacia el nuevo perfil del consumidor, junto con el aumento de los conocimientos y las exigencias de éste, se constituye en uno de los ejes del desarrollo tecnológico del sector en los próximos años. Las demandas que la empresa debe satisfacer incluyen las relativas a información, calidad y seguridad, así como las que se derivan de los cambios que están teniendo lugar en el modo de vida, como la adaptación de los productos a nuevos modos de consumo: fuera del hogar, en porciones, facilidad y rapidez en su preparación, etc. Las demandas se extienden a que el alimento sea capaz de satisfacer las necesidades nutricionales y dietéticas de cada consumidor.

Las tecnologías emergentes en materia de conservación de alimentos se han convertido en el centro de atención de gran parte de la industria alimentaria. Pero mientras que el abanico de posibilidades es amplio, la atención de la industria se centra fundamentalmente en las tecnologías más conocidas, cuya aplicación industrial ha sido ya realizada con éxito. Esto provoca que no haya una buena difusión de las tecnologías más novedosas entre las industrias.

Los procesos de conservación alternativos o complementarios a los actuales que la industria está demandando deben permitir productos de excelente

calidad, a un precio razonable y que, por encima de todo, sean seguros. Así, se busca que los nuevos métodos de tratamiento y conservación sean menos agresivos con el alimento, con unos menores consumos energéticos y más eficaces contra enzimas y microorganismos alterantes y patógenos. **(Robert, C. Wiley 1999)**

Por lo que, una de las alternativas, que parece ser que tiene una mayor posibilidad de éxito entre las empresas y con mayor impacto en el mediano plazo; debido a que de esta manera se puede incrementar el valor agregado industrial de algunas frutas o hortalizas en el país son: los productos de mínimamente procesados; cuyas mejoras en los procesos están encaminadas fundamentalmente a dotar a los productos de mayor tiempo de vida en el mercado; debido a que este tipo de presentación de los alimentos son los que más se adaptan al estilo de vida actual, ya que los consumidores buscan alimentos en forma lista para comer; y así de esta manera se responde a las exigencias de la población y sobre todo representa una alternativa potencial de los productos frescos intactos.

Considerando lo antes expuesto, este estudio se enfoca a la lechuga , debido a que en la actualidad, es utilizada exclusivamente en estado fresco; por lo que no hay, productos agroindustriales que se hayan desarrollado basándose en dicha hortaliza , y sí, se implementará, una nueva forma de comercialización, no sólo se estuviese abriendo una nueva brecha en la investigación, sino que, también de esta forma se pudiesen incrementar los ingresos de los productores, comerciantes y sobre todo un beneficio a los consumidores que cada día, buscan mayor facilidad en los alimentos que consumen.

De esta manera, con este proyecto se pretende sentar las bases para futuros desarrollos tecnológicos cuya aplicación permita el aprovechamiento y revalorización de otros productos hortofrutícolas que durante los procesos de postcosecha sufren deterioros importantes, que afectan la calidad de los mismos y por ende su comercialización; por lo que este estudio, no sólo representa un aporte al desarrollo tecnológico de la industria de los alimentos, sino pretende crear una conciencia acerca de la importancia de los empaques y embalajes en los procesos de comercialización de alimentos. **(Kandi L. 2009)**

6.4 OBJETIVO

OBJETIVO GENERAL

- Estudiar el efecto en el almacenamiento mediante el uso de atmosferas modificadas en lechuga tratada con radiación de onda corta UV-C a 30 cm.

OBJETIVO ESPECIFICOS

- Evaluar la microflora presente en vegetales envasados en atmósfera modificada con énfasis en la búsqueda de microorganismos.
- Ofertar en el mercado lechuga cortada de excelente características sensoriales.
- Analizar los parámetros fisicoquímicos y organolépticos durante el período de almacenamiento en refrigeración.
- Analizar la vida útil de las lechugas durante el almacenamiento de la hortaliza.

6.5 ANALISIS DE FACTIBILIDAD

El presente trabajo es de tipo tecnológico, ya que permite implementar una nueva tecnología en el almacenamiento de lechuga troceada utilizando atmosferas modificadas, con la finalidad de obtener un producto de mejores características sensoriales; dando énfasis en la inocuidad y conservación del producto dejando de lado la utilización del cloro ya que es muy perjudicial para la salud de las personas.

Además el análisis de factibilidad es de carácter socio económico y ambiental, ya se podrá potenciar la siembra en gran escala la lechuga criolla, mejorando de esta manera la calidad de vida tanto de agricultores como comercializadores, y a la vez incentivando al mejoramiento de los sembríos.

6.6 FUNDAMENTACION

El incremento del tiempo de vida de los alimentos porque este sistema retrasa o evita el desarrollo microbiano y el deterioro químico y enzimático. Este aumento en la vida comercial es muy interesante para los productos frescos y mínimamente procesados que presentan una duración muy limitada sin un envasado en atmósfera protectora. **(Parry R.T. 1995)**

La respiración está afectada por numerosas propiedades intrínsecas de los productos frescos así como por diferentes factores extrínsecos, pero generalmente hablando, la vida útil alcanzable por un producto empaquetado en atmósfera modificada es inversamente proporcional a la intensidad de la respiración.

La reducción en O₂ y el enriquecimiento en CO₂ son consecuencias naturales del desarrollo de la respiración cuando las frutas y hortalizas frescas se almacenan en un envase o contenedor herméticamente cerrado. Estas modificaciones en la composición de la atmósfera provocan un descenso en la intensidad de respiración del material vegetal.

Asimismo, estas tecnologías de envasado gozan de una buena aceptación entre los consumidores por varios motivos. En primer lugar, se trata de sistemas de envasado que mejoran la presentación del producto y potencian la imagen de alimento fresco y natural; y, en segundo, en muchas aplicaciones hacen innecesario el uso de otros métodos de conservación complementarios como la adición de conservantes y el almacenamiento a temperaturas de refrigeración. **(Nebreda, M., 2005)**

Efectos de la atmósfera controlada: con atmósferas controladas con una concertación de O₂ entre el 1 y el 3% a temperaturas de 0-5°C se logran beneficios en la prolongación de la vida útil. Las atmósferas con bajo O₂ reducirán la tasa de respiración y los efectos negativos del etileno. Las cabezas intactas, no se benefician de atmósferas conteniendo CO₂ y daños pueden ser mayores del 2%. Sin embargo, los productos precortados de lechuga son comúnmente envasados en atmósferas con bajo O₂, menor del 1% y un 10% de CO₂, porque en estas condiciones se controla el pardeamiento de las

superficies cortadas. En ensaladas, el pardeamiento de la zona cortada ocurre más rápido y se generalizan los síntomas de mancha parda causado por CO₂. En el cuadro 8 se observa las condiciones adecuadas de almacenamiento.

Cuadro 8. Características y condiciones recomendadas para el almacenamiento

Temperatura de Almacenamiento	°C	0
Humedad Relativa	%	98 - 100
Temperatura más alta de congelación	°C	-0.2
Producción de etileno	-	Muy Baja
Susceptibilidad al etileno	-	Alta
Vida útil aproximada	Semanas	2 - 3
Atmósfera controlada	-	2 – 5% O ₂ + 0% CO

Fuente: Guerrero B. y Barbosa G. 2004

6.7 METODOLOGÍA MODELO OPERATIVO

Para el “Estudio del efecto en el almacenamiento mediante el uso de atmosferas modificadas en lechuga tratada con radiación de onda corta UV-C a 30 cm” se plantea el siguiente Plan de Acción como se observa en la Tabla A15, que percibe las siguientes etapas:

Tabla A15. Modelo operativo (plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Estudio del efecto en el almacenamiento mediante el uso de atmosferas modificadas en lechuga tratada con radiación de onda corta UV-C a 30cm.	Consultas de Estudios aplicados en hortalizas y frutas.	Investigador	Economico Humano Tecnico	\$800	2 meses
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta .	Pruebas preliminares sobre la conservacion.	Investigador	Economico Humano Tecnico	\$200	1 mes
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta.	Aplicación de la tecnología con atmosferas modificadas	Investigador	Economico Humano Tecnico	\$500	1mes
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de la implementación.	Encuesta a los posibles consumidores.	Investigador	Economico Humano Tecnico	\$200	2 meses

Elaborado por : Darío Suárez.

6.7.1 Tecnología de elaboración

1. **Recepción.-** Se receipta lechuga de excelente calidad, con un estado de madurez adecuada proveniente del cantón Píllaro, especialmente que provengan de los mismos agricultores y productores de lechuga para así evitar maltratos de la hortaliza por la deficiente manipulación en los mercados, que sean lo más frescas posibles.
2. **Deshojado/Selección.-** Esta operación consiste en la eliminación de hojas de lechugas en mal estado o defectuosas que comprometan la calidad, o que se encuentre con la presencia de coloración amarillenta cualquier tipo de daño mecánico o físico, evitando con esto posibles problemas en la calidad de producto.
3. **Troceado.-** Se realizara el corte de la lechuga en cuadritos aproximados de 6 cm, para de esta manera evitar de mejor manera la respiración y transpiración de las hojas de lechuga troceada.
4. **Lavado.-** Es la estrategia más efectiva para asegurar que un alimento en IV gama sea beneficioso para su consumo, es la prevención de la contaminación microbiana en todas las etapas desde la producción al consumo, se reduce la carga microbiana presente en la superficie de la lechuga troceada. La temperatura del agua en el lavado es de 4°C, por lo cual sirve para enfriar la lechuga troceada, ralentizando los procesos metabólicos como es la tasa de respiración y eliminar los exudados que se producen tras el corte que pudiera favorecer el crecimiento microbiano.
5. **Ecurrido.-** Se realizara esta etapa para la eliminación de exceso de agua que se encuentre en la lechuga.
6. **Tratamiento con radiación UV-C.-** Método de desinfección superficial a temperatura ambiente que no deja residuos en el producto, por lo que se considera una buena alternativa para la conservación de alimentos. Su

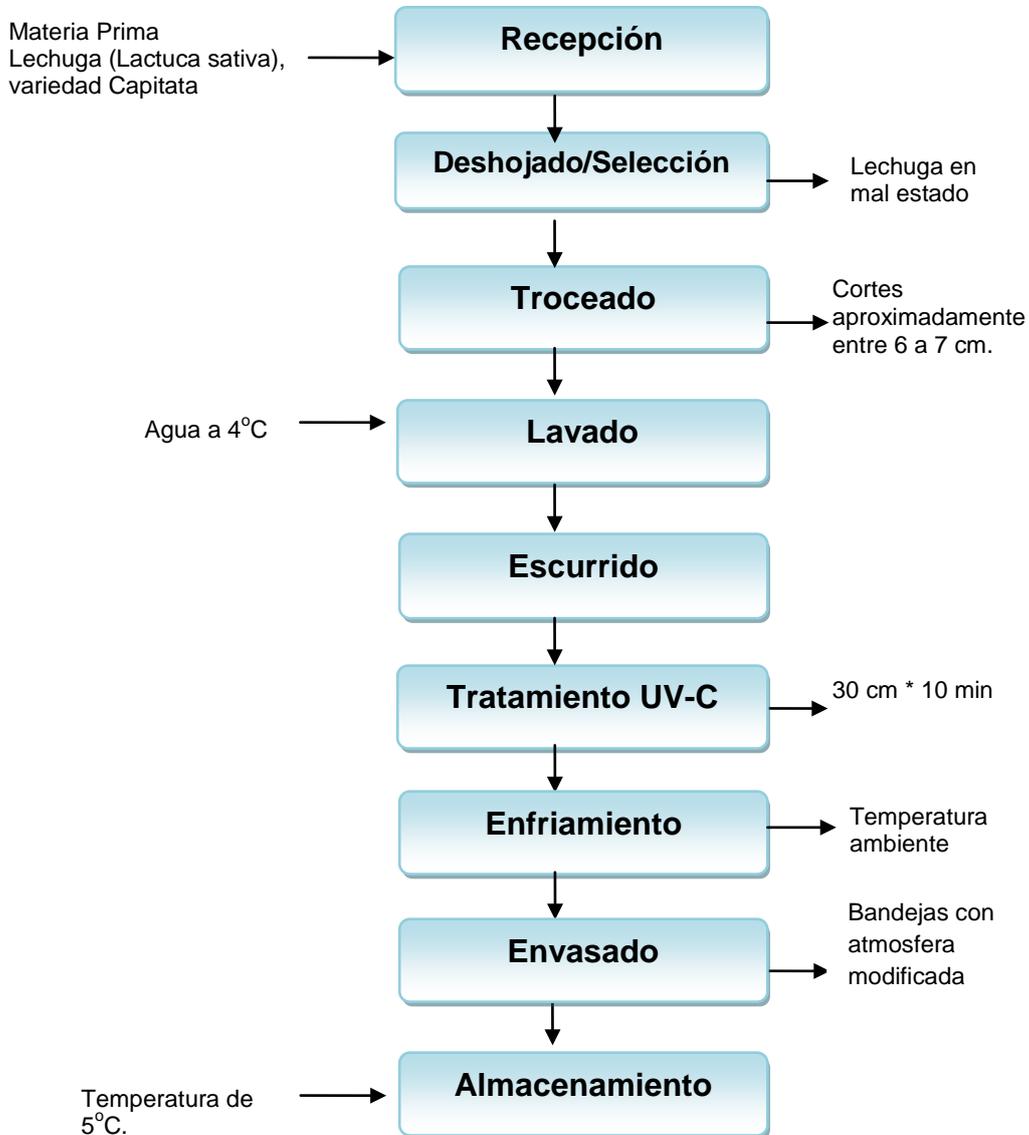
utilización será a una distancia de 30 cm por un tiempo de 10 minutos, teniendo éxito en la desinfección de la lechuga.

- 7. Enfriamiento.-** Una vez que la hortaliza haya sido tratada se le dejara enfriar a temperatura ambiente, esto se realiza con el objetivo de no afectar las hojas de lechuga.

- 8. Envasado en atmosferas modificadas.-** Este es el principal objetivo de la investigación, ya que se pretende prolongar la vida útil, de le lechuga troceada. El envasado en atmósfera modificada (también llamada atmósfera protectora) consiste en sustituir la atmósfera que rodea al alimento por una mezcla de gases adecuada, que permita controlar las reacciones enzimáticas y microbianas, ralentizando la degradación de los alimentos y aumentando su tiempo de vida útil.

- 9. Almacenado.-** Se realizara el almacenado en refrigeración a una temperatura de 5°C. En esta temperatura se reduce la actividad metabólica de los microorganismos. La vida de las lechugas depende estrechamente de la temperatura, para prolongar sus propiedades fisico-químicas y sensoriales; es necesario que la temperatura baje lo más rápido posible tras el envasado. El tiempo de conservación disminuye al aumentar el número de horas que transcurre entre la recolección y el descenso de la temperatura a 5°C.

Gráfico 6. Diagrama de flujo de la conservación de lechuga (*Lactuca sativa*) en atmósferas modificadas.



Elaborado por: Darío Suarez, 2013.

6.8 ADMINISTRACIÓN

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto PH.D. Milton Ramos y Egdo. Darío Suárez.

La administración de la propuesta, para la ejecución del proyecto antes mencionado, se realizará bajo el planteamiento de la Tabla A16.

Tabla A16. Administración de la propuesta

Indicadores a Mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
<p>Producto inocuo con características organolépticas aceptables.</p>	<p>Corto tiempo de vida útil de la lechuga y mala calidad microbiológica. Sobreproducción de lechuga.</p>	<p>Mayor tiempo de vida útil de la lechuga.</p> <p>Lechuga con baja carga microbiológica.</p> <p>Buen procesamiento y almacenamiento del producto.</p>	<p>Realizar pruebas microbiológicas de la lechuga.</p> <p>Analizar las características fisicoquímicas de la lechuga tratada.</p> <p>Determinar el comportamiento de lechuga almacenadas en condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa.</p>	<p>Investigador: Egdo. Darío Suarez. Ph.D. Milton Ramos.</p>

Elaborado por: Darío Suarez.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACION

La previsión de la evaluación plantea la toma de decisiones oportunas que permitan mantener la propuesta de solución, mejorarla, modificarla, suprimirla o sustituirla, la que se simplifica en la Tabla A17, así:

Tabla A17. Previsión de la evaluación.

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Asociación de campesinos del país • Horticultores del país. • Comunidad científica
¿Por qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la calidad de la lechuga. • Mejorar tiempo de vida útil de la lechuga. • Diversificar el mercado con hortalizas listas para el consumo.
¿Para qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la vida útil de la lechuga. • Para determinar si el método de conservabilidad es el adecuado para mantener sus características organolépticas y físicas excelentes.
¿Qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso utilizado • Funciones de las atmosferas modificadas en las hortalizas. • Materias primas • Producto terminado
¿Quién evalúa?	<ul style="list-style-type: none"> • Director del proyecto • Tutor • Calificadores
¿Cuándo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Desde las pruebas preliminares hasta la obtención del producto.
¿Cómo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante instrumentos de evaluación.
¿Con qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Normas establecidas • Experimentación.

Elaborado por: Darío Suárez.

CAPITULO VII

7.1 BIBLIOGRAFÍA

Acedaño B. Scwentesiuss. 2002, "Inocuidad de Hortalizas." Centro de Investigación Económico, Sociales y Tecnológicos de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma de Chapingo, pp 70-75.

Alvarado Juan De Dios. 1996, "Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos", Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Alimentos, Ecuador, pp. 156-157.

Ashurst R. 2000, "Procesado De Frutas y Hortalizas." Editorial Acribia, S.A., Zaragoza (España): pp. 51-52.

Brody L. Aaron. 1996, "Envasado de los alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío", Acribia, Editorial, S.A., pp 138-146.

Beltrán Albán Ángel Javier. 2010, "Estudio de la vida útil de fresas (*Fragaria vesca*), mediante tratamiento con luz ultravioleta de onda UV-C", Tesis de grado # 344. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos Universidad Técnica de Ambato. pp. 80-85.

Borja Rengifo Edgar Vinicio. 2010, "Estudio de la conservación de fresas (*Fragaria vesca*), mediante tratamiento térmicos", Tesis de grado # 301. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos Universidad Técnica de Ambato. pp. 12-18.

Carvajal José. 2000, "Condiciones Agroecológicas para el cultivo de cebolla de bulbo (perla y roja), coliflor, lechuga, pimiento y tomate". Proyecto Producción Orgánica de Hortalizas en la Sierra Norte y Central del Ecuador, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, pp. 55-69.

Colome. 1999, "Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmosferas modificadas". Alimentación, Equipos Tecnología, Tomo # 5 pp.109-111.

Durán F.1998, “Respuesta de la Lechuga (*Lactuca stiva*) a la fertilización orgánica”. Cumbaya, Pichincha. Tesis de grado Ing. Agr. Quito, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, pp. 46-72

FAO. 1991, “Procesamiento de Frutas y Hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala”. Oficina Regional de la FAO, para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

Gallegos Janneth. 1996, “Manual de Prácticas de Microbiología de Alimentos”, Riobamba: pp. 31-40.

González-Aguilar G., Wang C., Buta G. 2001, “UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage”. pp. 84-93.

Herrera, M. 2002, “Proyecto de Factibilidad para la instalación de una planta congeladora de fresa (*Fragaria vesca*), Tesis de grado # 272. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos Universidad Técnica de Ambato, pp. 10-12.

Holdsworth, S., 1988, “Conservación de Frutas y Hortalizas”, Editorial Acribia, S.A. Zaragoza – España, pp. 70-75.

Horst Berger, Ljubica Galletti. 2007, “Procedimiento Utilizados en Investigación para Lograr Inocuidad en Vegetales Frescos Cortados”, Mundo Alimentario, pp. 15-21.

Molinas Ferrer, “Frigo conservación y Manejo De Frutas, Flores y Hortalizas”, Editorial AEDOS, Barcelona, pp. 251

Mitchell F., Mitcham E., Thompson J., y .Welch N., 1996, “Handling Strawberries for Fresh Market. Agricultural Natural Resources. Special Publication”, pp. 14.

Norman W. Desrosier 1997, “Conservación De Alimentos”, Vigésima Novena Edición, Compañía Editorial Continental, pp. 373.

Parra A., y Hernandez J. 1997, “Filosofía Post Cosecha de Frutas y Hortalizas”, Editorial Acribia Zaragoza España. pp. 136-138.

Parry R.T. 1995, "Envasado de los alimentos en atmósfera modificada", Madrid, Editor Vicente Antonio, pp. 204-229.

Price y Floros 1993, "Brinde Salud a sus alimentos de manera natural", Mexico , D.F., Magdalena 20 Col. Del Valle, Pág. 16-20

Robert, C. Wiley 1999, "Fruta y Hortalizas mínimamente procesados y refrigeradas" Primera Edición, Ediciones Acribia, Zaragoza-España, pp. 128

Sánchez Sánchez Denis Rene. 2008, "Manejo poscosecha de lechuga (*Lactuca sativa L. variedad Capitata*) producida en la provincia de Tungurahua", Tesis de grado # 295. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos Universidad Técnica de Ambato. pp. 35-48.

Saltos H. 1993, "Diseño Experimental". Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos". U.T.A. Ambato –Ecuador, pp. 42-60

Silva Abraham 1992, "Almacenamiento de Frutas y Hortalizas", Universidad Nacional de Colombia, pp. 72-84.

Ulrich R., 1970, "Organic acids", The Biochemistry of Fruits and their Products", Vol. 1 Academic Press. New York, EE.UU. pp. 89-118.

Yves Tirilly, CLaude Marcel Bourgeois. 1987, "Tecnología de las hortalizas", Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza (España), pp. 288-292.

PÁGINAS DE INTERNET

Cantos Villar, 2000," Effect of postharvest ultraviolet Irradiation on resveratrol and other phenolics of Cv. Napoleon table Grapes". Disponible: <http://hdl.handle.net/10261/18186>.

Córdova Angel. 2000,"Propiedades de la lechuga". Disponible: <http://www.botanical-online.com/medicinals/lactucasativa.htm>

Dulce M. Rivera-Pastrana 2007," Efectos Bioquímicos Pos cosecha De La Irradiación UV-C En Frutas Y Hortalizas". Disponible: <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/30-4/3r.pdf>

Elena Sierra 2005, "Cultivo de Lechuga". Disponible: <http://www.zamorano.edu/gamis/hortalizas/lechuga.pdf>

FAO. 2006,"Características Generales De La lechuga". Disponible:
http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/LECHUGA.HTM

Fernando Lozada. 1997,"Radiación: Comida limpia". Disponible:
<http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/radiacion-la-comida-limpia-sin-riesgo-116327-116327.html>

Greenlab. 2010, "Productos Hidropónicos", Disponible:
<http://greenlab.com.ec/>

Infojardin S.A. 2008: "Lechugas, Lechuga iceberg, Lechuga romana".
Disponible:<http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/lechugas-lechuga-iceberg-lechuga-romana.htm>

Indap 2006, "Mercado Nacional De La Lechuga". Disponible:
<http://www.indap.gob.cl/Docs/Documentos/Horticultura/Hortalizas/Lechuga/Mercado%20Nacional%20e%20Internacional%20de%20la%20Lechuga.pdf>

Instituto nacional de estadística y censos de la republica del Argentina 2008,
"Consumo de vegetales listos para el consumo", Disponible;
http://www.indec.gov.ar/principal.asp?id_tema=166

Kandi L. 2009, "Investigación De Las Células Vegetales (Lechuga, Tomate Y Cebolla)". Disponible: <http://kandy23.blogspot.com/2009/04/investigacion-de-las-celulas-vegetales.html>

Kenia Barrantes 2009, "Investigación estudia contaminación de lechugas por Salmonella y Shigella". Disponible:
<http://www.inisa.ucr.ac.cr/sitio/index.php/es/archivo/180-investigacion-estudia-contaminacion-de-lechugas-por-salmonella-y-shigella>

Ministerio de agricultura de chile. 2012, "Oficina de estudios económicos y políticas agrarias", Disponible:
<http://www.odepa.gob.cl/util/Web.action;jsessionid=2BF71181B1BDCAEAE DCEE68CB4F8D1B1>

Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAGAP. 2006, “Producción mundial de hortalizas a nivel mundial”, Disponible:

<http://www4.mercadomodelo.net/produccion.pdf>

Nebreda, M.; Biurrun, R. 2005, “Impacto de cubiertas agrotexiles en el control de pulgones, mosca blanca y virus en cultivos de lechuga y brócoli”.

Disponible:

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/16959/1/39.%20Nebreda%20et%20al.%2c%202005a.pdf>

Selma María Victoria 2005,” Nuevas Tendencias de Procesado y Conservación de Alimentos de IV Gama”, Frutas y hortalizas. Disponible:

http://digital.csic.es/bitstream/10261/5778/1/CEBAS_AGROCSIC.pdf

REVISTAS TECNICAS

BACIGALUPO, A. y TAPIA, M. 1990, “Agroindustria en cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación”, FAO, Santiago de Chile.

FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN), 1989 Manual para el mejoramiento del Manejo Pos cosecha de Frutas y Hortalizas, Serie tecnología pos cosecha: FAO: Santiago de Chile, Pág. 14-26

Sistema de Información Geográfica y del Agro – SIGAGRO, 2008.

ANEXO A

**DATOS EXPERIMENTALES DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS,
MICROBIOLÓGICOS, SENSORIALES Y ANÁLISIS DE VARIANZA
CON SU RESPECTIVA PRUEBA DE TUKEY**

Tabla A1. Tratamientos, combinaciones y significado

Tratamientos	Combinaciones	Significado
1	a_0b_0	a_0 : Distancia a la lámpara UV-C = 30 cm b_0 : Tiempo de radiación = 5 min
2	a_0b_1	a_0 : Distancia a la lámpara UV-C = 30 cm b_1 : Tiempo de radiación = 10 min
3	a_0b_2	a_0 : Distancia a la lámpara UV-C = 30 cm b_1 : Tiempo de radiación = 15 min
4	a_1b_0	a_1 : Distancia a la lámpara UV-C = 40 cm b_0 : Tiempo de radiación = 5 min
5	a_1b_1	a_1 : Distancia a la lámpara UV-C = 40 cm b_1 : Tiempo de radiación = 10 min
6	a_1b_2	a_1 : Distancia a la lámpara UV-C = 40 cm b_2 : Tiempo de radiación = 15 min
7	a_2b_0	a_2 : Distancia a la lámpara UV-C = 50 cm b_0 : Tiempo de radiación = 5 min
8	a_2b_1	a_2 : Distancia a la lámpara UV-C = 50 cm b_1 : Tiempo de radiación = 10 min
9	a_2b_2	a_2 : Distancia a la lámpara UV-C = 50 cm b_2 : Tiempo de radiación = 15 min

Tabla A2. Porcentaje de acidez en lechugas tratadas con UV-C (% ácido cítrico)

Tratamientos	Acidez (% ácido cítrico)			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
a ₀ b ₀	0,09	0,08	0,08	0,085
a ₀ b ₁	0,08	0,09	0,08	0,083
a ₀ b ₂	0,09	0,09	0,08	0,087
a ₁ b ₀	0,08	0,08	0,07	0,077
a ₁ b ₁	0,09	0,08	0,07	0,079
a ₁ b ₂	0,09	0,08	0,08	0,081
a ₂ b ₀	0,08	0,06	0,06	0,068
a ₂ b ₁	0,08	0,08	0,07	0,075
a ₂ b ₂	0,08	0,07	0,08	0,077
Lechuga sin tratamiento				0,080

Tabla A2.1 Análisis de varianza de acidez (% ácido cítrico) en lechuga tratada con UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadros medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	0,000562963	2	0,000281481	5,43	0,0143
B: tiempo	0,000207407	2	0,000103704	2,00	0,1643
AB	0,0000814815	4	0,000020370	0,39	0,8110
Error	0,000933333	18	0,000051851		
Total	0,00178519	26			

Tabla A2.2 Prueba de Tukey para el factor A (Distancia)

NIVELES	MEDIAS	GRUPOS
2	0,0733333	X
1	0,0800000	XX
0	0,0844444	x

Tabla A3. Porcentaje de humedad en lechugas tratadas con UV-C

Tratamientos	Humedad (%)			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
a ₀ b ₀	94,93	95,89	94,74	95,19
a ₀ b ₁	95,21	95,83	94,96	95,34
a ₀ b ₂	96,49	95,70	94,56	95,58
a ₁ b ₀	95,00	95,30	94,94	95,08
a ₁ b ₁	95,03	94,62	96,14	95,26
a ₁ b ₂	95,91	96,14	95,68	95,91
a ₂ b ₀	94,74	95,77	93,71	94,74
a ₂ b ₁	94,83	95,53	95,14	95,17
a ₂ b ₂	95,32	95,42	95,21	95,32
Lechuga sin tratamiento				94,84

Tabla A3.1 Análisis de varianza en porcentaje de humedad en lechuga con UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	0,577965	2	0,288982	0,76	0,4829
B: tiempo	1,51892	2	0,759462	1,99	0,1653
AB	0,219481	4	0,0548703	0,14	0,9633
Error	6,86043	18	0,381135		
Total	9,1768	26			

Tabla A4. pH de las lechugas tratadas con UV-C

Tratamientos	pH			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
a ₀ b ₀	6,47	6,49	6,48	6,48
a ₀ b ₁	6,52	6,47	6,42	6,47
a ₀ b ₂	6,4	6,37	6,55	6,44
a ₁ b ₀	6,55	6,47	6,48	6,50
a ₁ b ₁	6,5	6,44	6,5	6,48
a ₁ b ₂	6,55	6,47	6,41	6,48
a ₂ b ₀	6,48	6,5	6,56	6,51
a ₂ b ₁	6,39	6,57	6,57	6,51
a ₂ b ₂	6,49	6,52	6,46	6,49
Lechuga sin tratamiento				6,52

Tabla A4.1 Análisis de varianza de pH en lechuga tratada con UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	0,0076222	2	0,00381111	1,03	0,3778
B: tiempo	0,0038222	2	0,00191111	0,52	0,6058
AB	0,0006888	4	0,000172222	0,05	0,9956
Error	0,0667333	18	0,00370741		
Total	0,0788667	26			

Tabla A5. Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g lechuga) tratada

Aerobios mesófilos (UFC/g lechuga)				
Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
a ₀ b ₀	1.6 x10 ³	1.5 x10 ³	1.2 x10 ³	1.4 x10 ³
a ₀ b ₁	1.0 x10 ³	2.2 x10 ³	1.5 x10 ³	1.5 x10 ³
a ₀ b ₂	1.0 x10 ²	1.2 x10 ³	1.1 x10 ³	1.1 x10 ³
a ₁ b ₀	1.2 x10 ³	1.4 x10 ³	1.0 x10 ³	1.2 x10 ³
a ₁ b ₁	1.3 x10 ³	1.0 x10 ²	1.2 x10 ³	1.3 x10 ³
a ₁ b ₂	8.0 x10 ²	1.2 x10 ³	1.1 x10 ³	1.0 x10 ³
a ₂ b ₀	1.8 x10 ³	2.0 x10 ³	4.2 x10 ³	2.6 x10 ³
a ₂ b ₁	3.7 x10 ³	2.5 x10 ³	2.3 x10 ³	2.8 x10 ³
a ₂ b ₂	2.8 x10 ³	2.9 x10 ³	1.8 x10 ³	2.5 x10 ³
Lechuga sin tratamiento				5.8 x10 ³

Tabla A5.1 Análisis de varianza de recuento de aerobios mesofilos en lechuga tratada con UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	4056,41	2	2028,2	21,08	0,0000
B: tiempo	74,2958	2	37,1479	0,39	0,6852
AB	55,26339	4	13,8158	0,14	0,9635
Error	1731,97	18	96,2205		
Total	5917,94	26			

Tabla A5.2 Prueba de Tukey para el factor A (Distancia)

NIVELES	MEDIAS	GRUPOS
2	52,6767	X
0	76,4311	X
1	80,4556	x

Tabla A6. Recuento de mohos y levaduras (UFC/g lechuga) en lechuga tratada con UV-C

Recuento de mohos y levaduras (UFC/g lechuga)				
Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
a ₀ b ₀	7.9 x10 ²	8.5 x10 ²	3.1 x10 ²	6.5 x10 ²
a ₀ b ₁	4.3 x10 ²	2.4 x10 ²	4.2 x10 ²	3.6 x10 ²
a ₀ b ₂	3.2 x10 ²	3.3 x10 ²	2.9 x10 ²	3.1 x10 ²
a ₁ b ₀	3.4 x10 ²	3.9 x10 ²	4.3 x10 ²	3.9 x10 ²
a ₁ b ₁	3.0 x10 ²	2.5 x10 ²	2.8 x10 ²	2.8 x10 ²
a ₁ b ₂	2.3 x10 ²	1.9 x10 ²	2.2 x10 ²	2.1 x10 ²
a ₂ b ₀	6.2 x10 ²	5.6 x10 ²	5.4 x10 ²	5.7 x10 ²
a ₂ b ₁	7.5 x10 ²	4.2 x10 ²	4.6 x10 ²	5.4 x10 ²
a ₂ b ₂	6.2 x10 ²	2.1 x10 ²	4.4 x10 ²	4.2 x10 ²
Lechuga sin tratamiento				1.6 x10 ³

Tabla A6.1 Análisis de varianza de recuento de mohos y levaduras en lechugas tratadas con UV-C.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	811,2	2	405,51	5,76	0,0117
B: tiempo	793,39	2	396,695	5,63	0,0126
AB	205,345	4	51,3363	0,73	0,5839
Error	1267,79	18	70,433		
Total	3077,55	26			

Tabla A6.2 Prueba de Tukey para el factor A (Distancia)

NIVELES	MEDIAS	GRUPOS
2	69,4389	X
0	73,6733	XX
1	82,5889	x

Tabla A6.3 Prueba de Tukey para el factor B (Tiempo)

NIVELES	MEDIAS	GRUPOS
0	68,0511	X
1	76,5044	XX
2	81,1456	x

Tabla A7. Recuento de Coliformes (UFC/g lechuga) en lechuga tratada con UV-C

Recuento de Coliformes (UFC/g lechuga)				
Tratamientos	R1	R2	R3	Promedio
a_0b_0	2.0×10^1	2.0×10^1	2.0×10^1	2.0×10^1
a_0b_1	1.0×10^1	3.0×10^1	1.0×10^1	1.6×10^1
a_0b_2	3.0×10^1	1.0×10^1	2.0×10^1	2.0×10^1
a_1b_0	6.0×10^1	3.0×10^1	3.0×10^1	3.9×10^1
a_1b_1	3.0×10^1	3.0×10^1	3.0×10^1	2.8×10^1
a_1b_2	3.0×10^1	2.0×10^1	1.0×10^1	2.1×10^1
a_2b_0	9.0×10^1	5.0×10^1	4.0×10^1	6.0×10^1
a_2b_1	5.0×10^1	7.0×10^1	5.0×10^1	5.6×10^1
a_2b_2	5.0×10^1	4.0×10^1	6.0×10^1	5.0×10^1
Lechuga sin tratamiento				1.8×10^2

Tabla A7.1 Análisis de varianza de recuento de Coliformes en lechugas tratada con UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F valor	Probabilidad
A: Distancia	1963,42	2	981,711	18,28	0,0000
B: tiempo	139,47	2	69,7348	1,30	0,2974
AB	100,525	4	25,1312	0,47	0,7586
Error	966,885	18	53,7158		
Total	3170,3	26			

Tabla A7.2. Prueba de Tukey para el factor A (distancia)

NIVELES	MEDIDAS	GRUPOS
2	69,1322	X
1	83,3289	X
0	89,5000	x

Tabla A8. Recuento de *E. Coli*, *Salmonella* y *Shigella*

Ensayos	Resultados
<i>E. Coli</i>	<10 UFC/g
<i>Salmonella</i>	No Detecta
<i>Shigella</i>	No detecta

Tabla A9. Resumen de las características físico-químicas y microbiológicas de la lechuga en los dos mejores tratamientos

ENSAYOS	TRATAMIENTOS	
	a₀b₁	a₁b₂
Acidez (% ácido cítrico)	0.083	0.081
pH	6.47	6.48
Humedad (%)	95.34	95,91
Aerobios Mesófilos (UFC/g)	1.5×10^3	1.0×10^3
Mohos y levaduras (UFC/g)	3.6×10^2	2.1×10^2
Coliformes (UFC/g)	1.6×10^1	2.1×10^1
<i>E. coli</i> (UFC/g)	<10	<10
<i>Salmonella</i>	No detecta	No detecta
<i>Shigella</i>	No detecta	No detecta

Tabla A10. Análisis sensorial del Aroma en lechuga tratada con UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Catadores	UVC	Pronaca
1	3	2
2	5	5
3	3	3
4	3	1
5	4	3
6	4	2
7	4	2
8	4	3
9	1	3
10	4	2
11	4	2
12	4	2
13	4	4
14	4	1
15	4	2
16	4	2
17	3	2
18	4	1
19	4	4
20	2	1
21	5	2
22	4	4
23	3	2
24	3	1
Promedio	3,6	2,3

Tabla A10.1 Análisis de varianza del Aroma en lechuga UV-C y lechuga (Pronaca), en el mercado

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F valor	Probabilidad
A: Tratamiento	20,2826	2	10,1413	13,76	0,0001
B: Catadores	28,5942	23	1,24323	1,69	0,1125
AB	16,2174	22	0,737156		
Total	64,9792	47			

Tabla A11. Análisis sensorial del Color en lechuga tratada con UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Catadores	UV-C	Pronaca
1	4	4
2	5	4
3	3	4
4	5	2
5	4	3
6	4	4
7	4	4
8	4	4
9	4	4
10	4	4
11	4	4
12	4	4
13	4	4
14	4	2
15	5	4
16	5	4
17	4	4
18	3	4
19	3	5
20	3	4
21	3	2
22	5	3
23	4	4
24	4	2
Promedio	4,0	3,7

Tabla A11.1 Análisis de varianza del Color en lechuga UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F valor	Probabilidad
A: Tratamiento	1,6875	1	1,6875	2,62	0,1193
B: Catadores	10,8125	23	0,470109	0,73	0,7719
AB	14,8125	23	0,644022		
Total	273125	47			

Tabla A12. Análisis sensorial de la Textura en lechuga tratada con UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Catadores	UV-C	Pronaca
1	2	5
2	3	4
3	3	2
4	3	2
5	3	2
6	3	2
7	4	2
8	4	3
9	5	5
10	2	3
11	2	3
12	1	2
13	4	3
14	3	3
15	5	3
16	4	2
17	4	3
18	3	1
19	2	5
20	2	5
21	2	2
22	1	1
23	1	3
24	1	3
Promedio	2,6	2,8

Tabla A12.1 Análisis de varianza de la Textura en lechuga UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F valor	Probabilidad
A: Tratamiento	0,0833333	1	0,0833333	0,06	0,8056
B: Catadores	35,6667	23	1,55072	1,15	0,3674
AB	30,9167	23	1,3442		
Total	66,6667	47			

Tabla A13. Análisis sensorial de la Aceptabilidad en lechuga tratada con UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Catadores	UV-C	Pronaca
1	4	1
2	5	3
3	5	2
4	5	4
5	4	3
6	3	3
7	5	3
8	4	4
9	4	4
10	5	3
11	5	3
12	3	2
13	4	3
14	5	3
15	5	3
16	5	1
17	4	2
18	4	4
19	4	4
20	4	2
21	4	2
22	4	3
23	4	3
24	4	3
Promedio	4,2	2,8

Tabla A13.1 Análisis de varianza de la Aceptabilidad en lechuga UV-C y lechuga (Pronaca) en el mercado

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F valor	Probabilidad
A: Tratamiento	25,5208	1	25,5208	45,22	0,0000
B: Catadores	13,3125	23	0,578804	1,03	0,4760
AB	12,9792	23	0,564312		
Total	51,8125	47			

Tabla A14. Verificación de la Hipótesis de los parámetros analizados

Características físico químicas y microbiológicas de lechuga.	Efecto Principal	Valor F	Probabilidad	Hipótesis Aceptada
Acidez	A: Distancia	5.43	0.0143*	Hi
	B: Tiempo	2.00	0.1643	
pH	A: Distancia	1.03	0.3778	Ho
	B: Tiempo	0.52	0.6058	
Humedad	A: Distancia	0.76	0.4829	Ho
	B: Tiempo	1.99	0.1653	
Aerobios Mesófilos	A: Distancia	21.08	0.0000*	Hi
	B: Tiempo	0.39	0.6852	
Mohos y Levaduras	A: Distancia	5.76	0.0117*	Hi
	B: Tiempo	5.63	0.0126*	
Coliformes	A: Distancia	18.28	0.0000*	Hi
	B: Tiempo	1.30	0.2974	

ANEXO B

CÁLCULO DE VIDA ÚTIL DE LA LECHUGA EN REFRIGERACIÓN

CALCULO DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL

Tabla B1. Recuento de Aerobios mesófilos en lechugas con tratamiento (LCT) y lechugas sin tratamiento (LST) durante el almacenamiento en refrigeración

Días	LCT (UFC/g)	ln(LCT)	log(LCT)	LST(UFC/g)	ln(LST)	log(LST)
1	4200	8,3428	3,623	9800	9,190	3,991
3	18000	9,7981	4,255	33000	10,404	4,519
6	46000	10,7364	4,663	83000	11,327	4,919
8	68000	11,1273	4,833	130000	11,775	5,114
10	110000	11,6082	5,041	220000	12,301	5,342

Tabla B2. Recuento de Mohos y Levaduras en lechugas con tratamiento (LCT) y lechugas sin tratamiento (LST) durante el almacenamiento en refrigeración

Días	LCT (UFC/g)	ln(LCT)	log(LCT)	LST(UFC/g)	ln(LST)	log(LST)
1	430	6,0638	2,6335	720	6,5793	2,85733
3	570	6,3456	2,7559	910	6,8134	2,95904
6	710	6,5653	2,8513	980	6,8876	2,99123
8	820	6,7093	2,9138	1100	7,0031	3,04139
10	1000	6,9078	3,0000	1300	7,1701	3,11394

Tabla B3. Recuento de Coliformes en lechugas con tratamiento (LCT) y lechugas sin tratamiento (LST) durante el almacenamiento en refrigeración

Días	LCT(UFC/g)	ln(LCT)	log(LCT)	LST(UFC/g)	ln(LST)	log(LST)
1	10	2,3026	1	40	3,68888	1,60206
3	30	3,4012	1,47712125	50	3,91202	1,69897
6	60	4,0943	1,77815125	90	4,49981	1,95424
8	80	4,3820	1,90308999	130	4,86753	2,11394
10	110	4,7005	2,04139269	170	5,13580	2,23045

Tabla B4. Valores de vida útil (Días)

	Aerobios Mesofilos		Mohos y Levaduras		Coliformes	
	LCT	LST	LCT	LST	LCT	LST
Lechugas						
Orden de reacción	1	1	1	1	1	1
K	100000	100000	1000	1000	100	100
Vida Útil (Días)	9	7	9	6	8	7

Significado:

LCT: Lechuga Tratadas con radiación UV-C, envasadas y almacenadas a una temperatura de 5°C.

LST: Lechuga sin tratamiento UV-C, envasadas y almacenadas a una temperatura de 5°C.

ANEXO C

GRÁFICOS DE LOS DATOS OBTENIDOS

Gráfico 7. Porcentaje de acidez en lechugas tratadas con UV-C (% ácido cítrico)

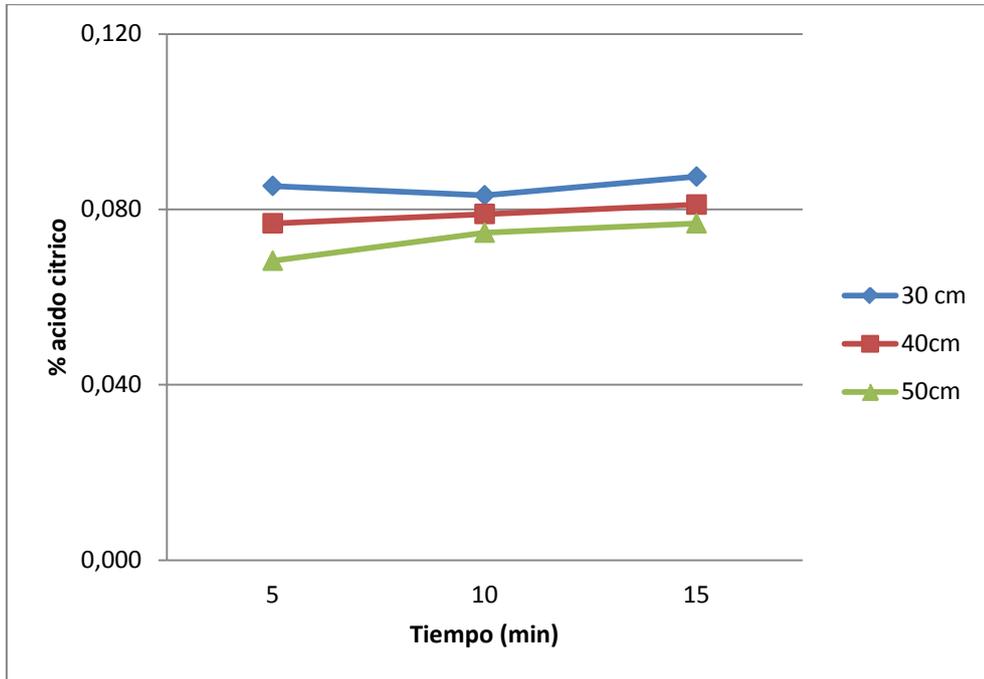


Gráfico 8. Porcentaje de humedad en lechuga tratada con UV-C

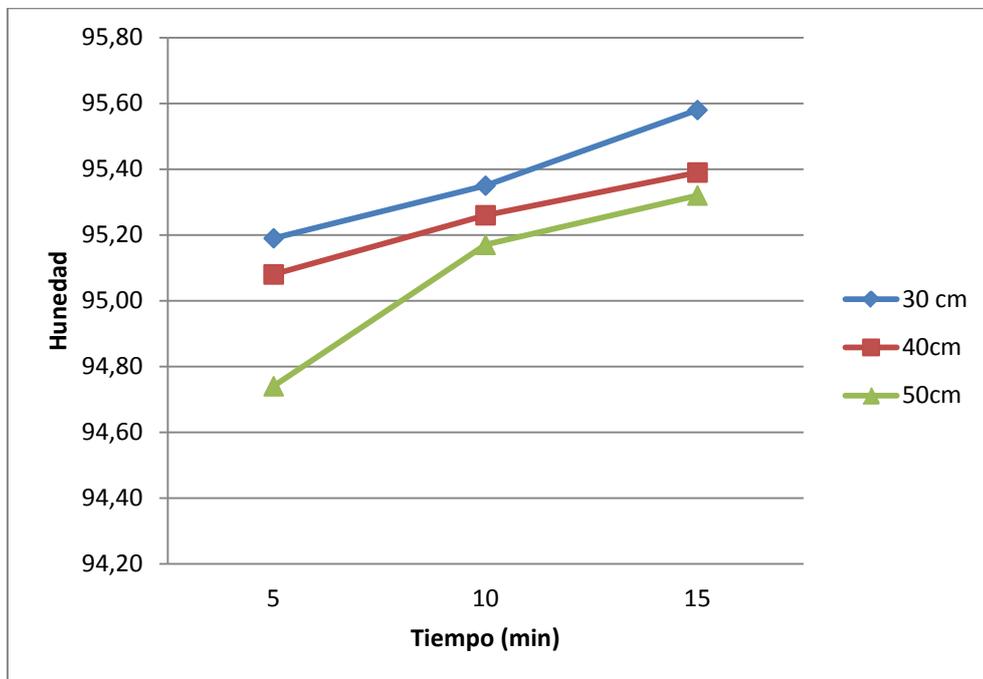


Gráfico 9. pH en lechugas tratadas con UV-C

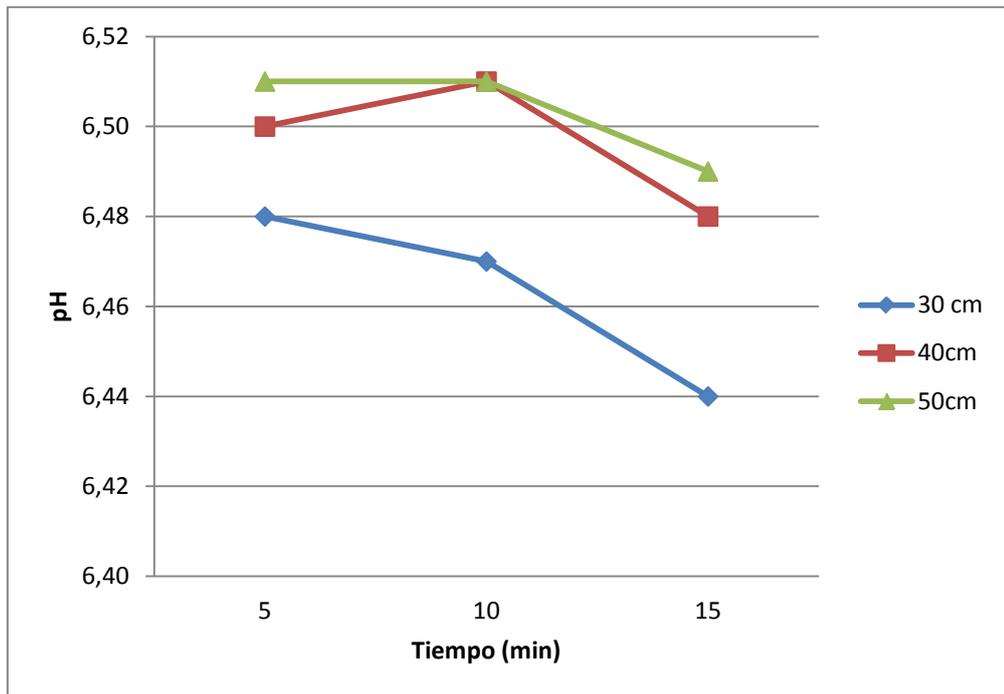


Gráfico 10. Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g lechuga) en lechuga tratada con UV-C

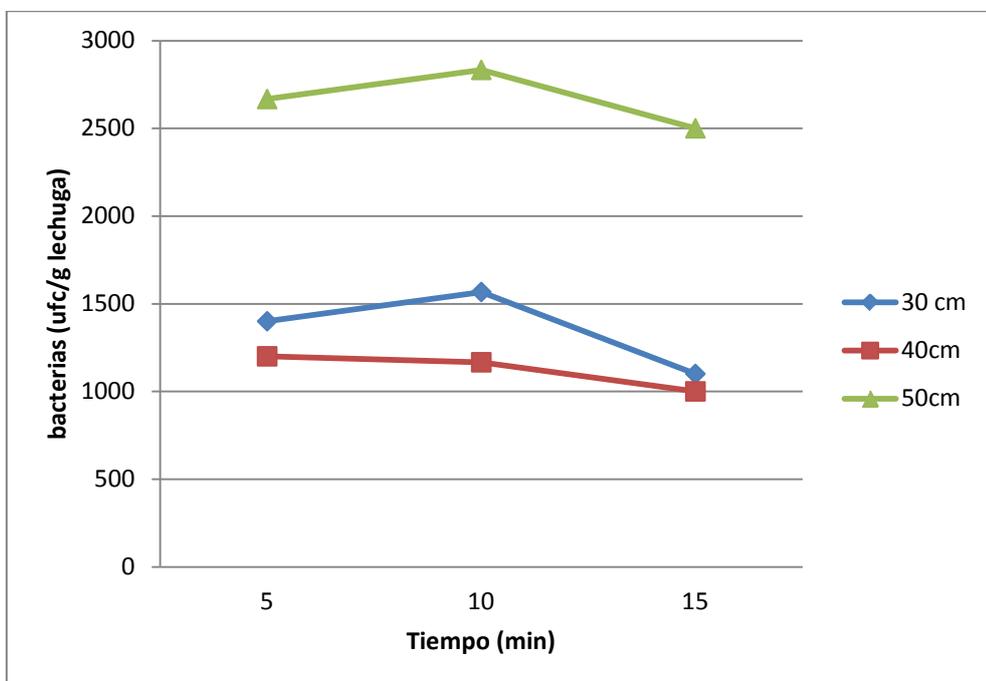


Gráfico 11. Recuento de mohos y levaduras (UFC/g lechuga) en lechuga tratada con UV-C

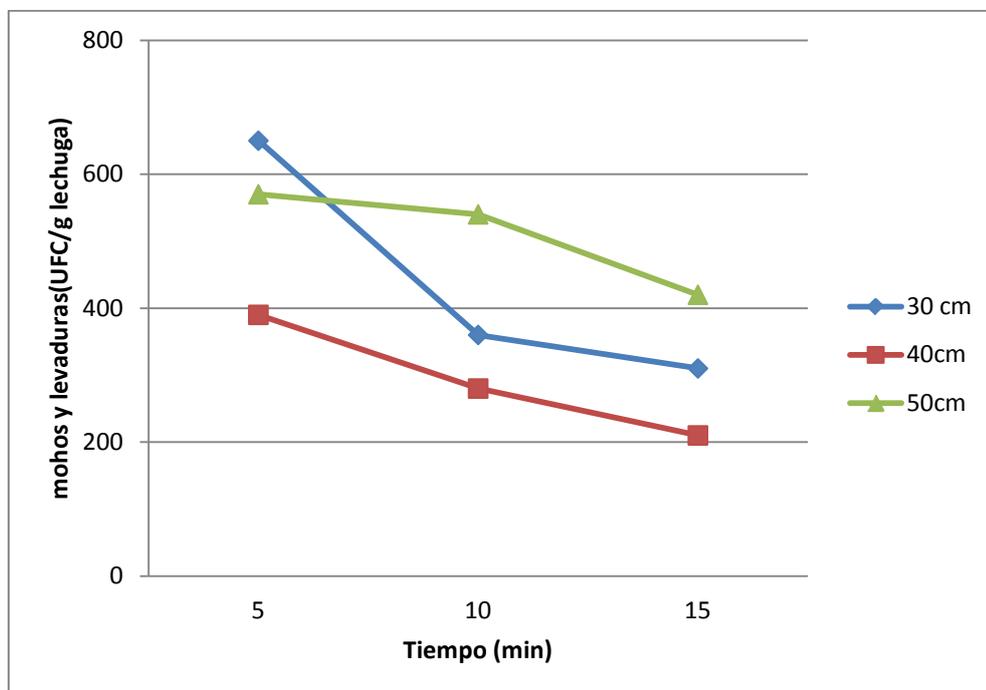


Gráfico 12. Recuento de Coliformes (UFC/g lechuga) en lechuga tratada con UV-C

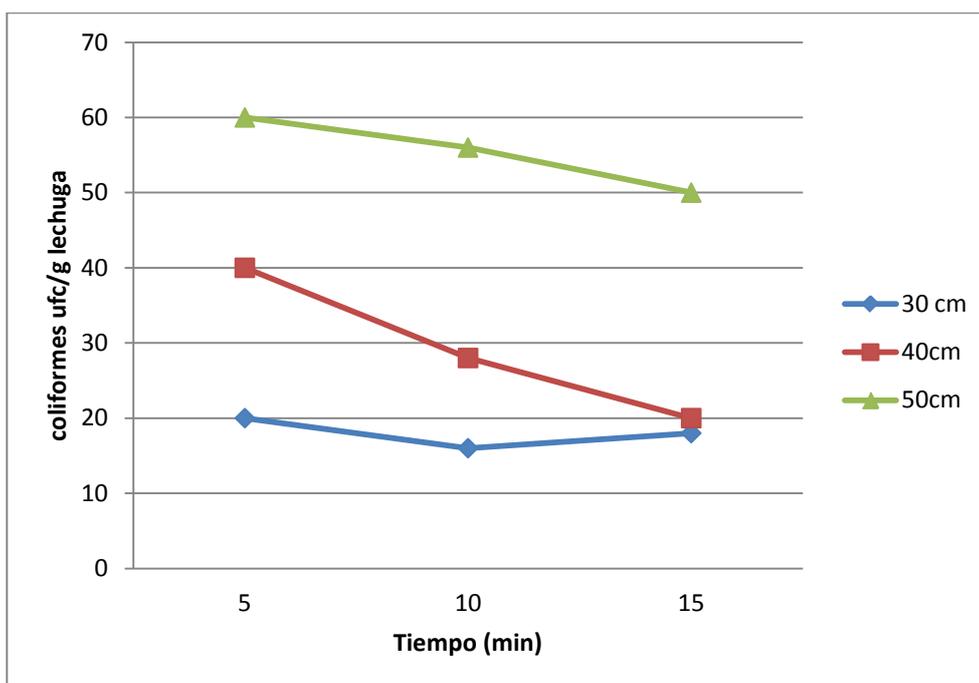


Gráfico 13. Aroma en lechuga con UV-C y lechuga (Pronaca)

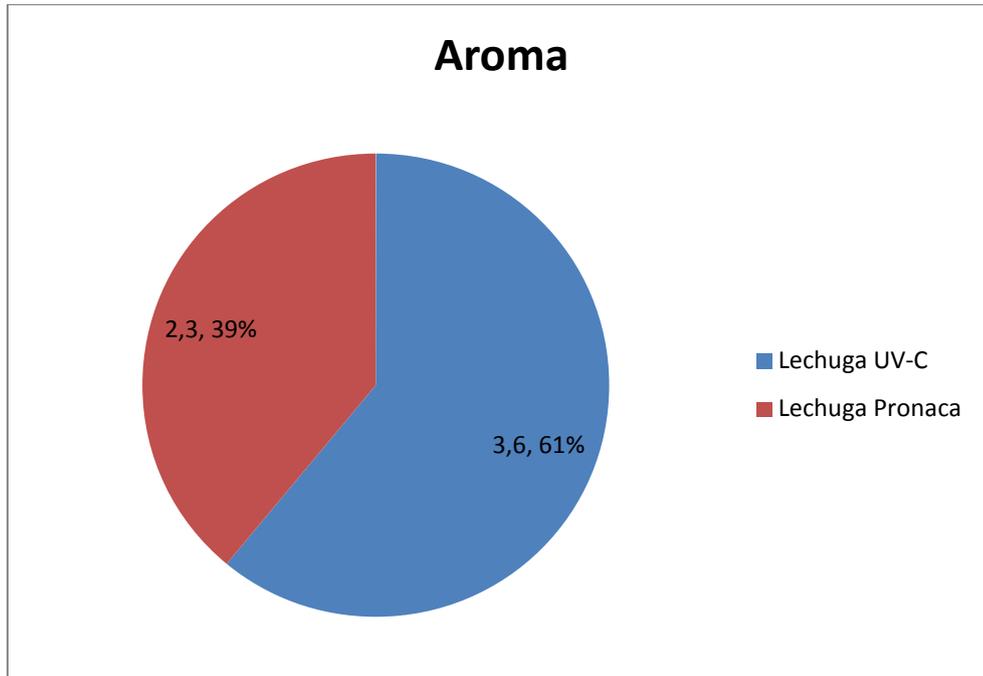


Gráfico 14. Color en lechuga con UV-C y lechuga (Pronaca)

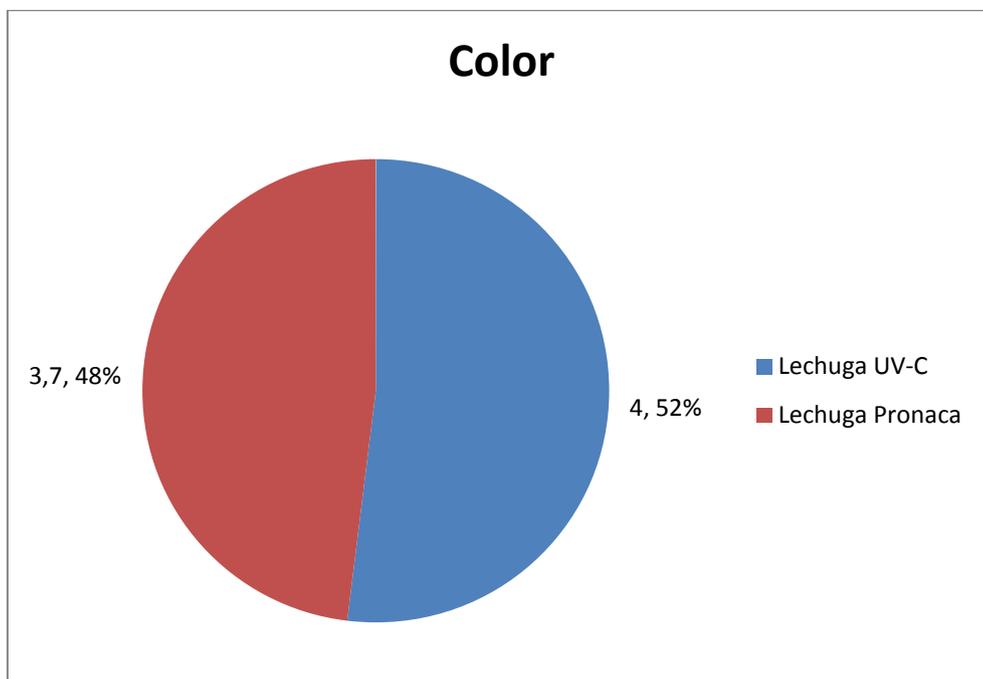


Gráfico 15. Textura en lechuga con UV-C y lechuga (Pronaca)

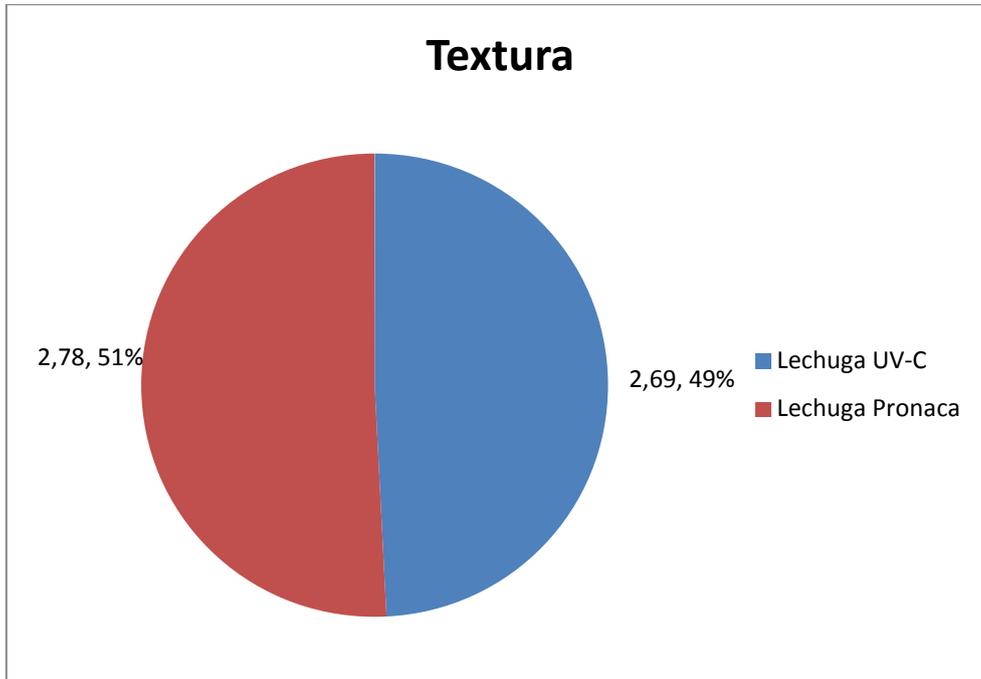


Gráfico 16. Aceptabilidad en lechuga con UV-C y lechuga (Pronaca)

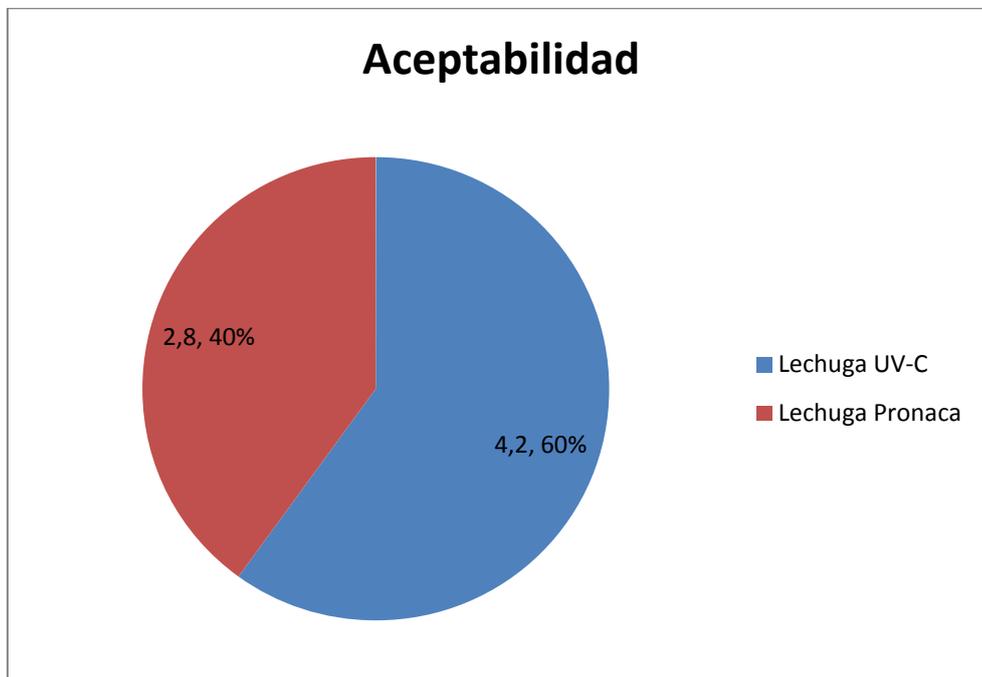


Gráfico 17. Comparación de atributos sensoriales en las lechugas.

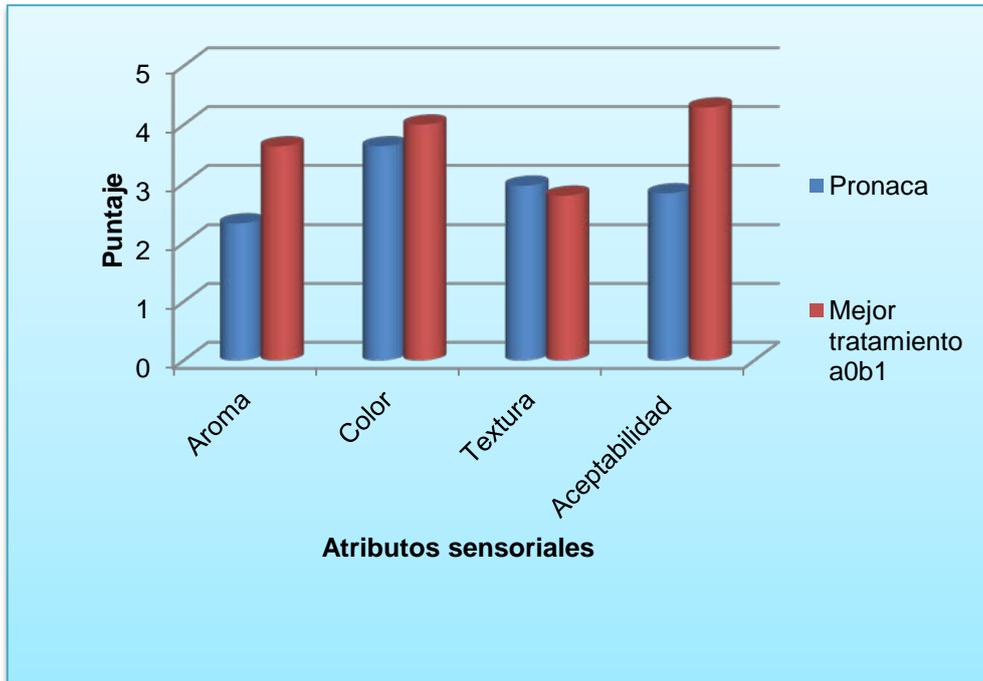


Gráfico 18. Tiempo vs. ln recuento de aerobios mesófilos.

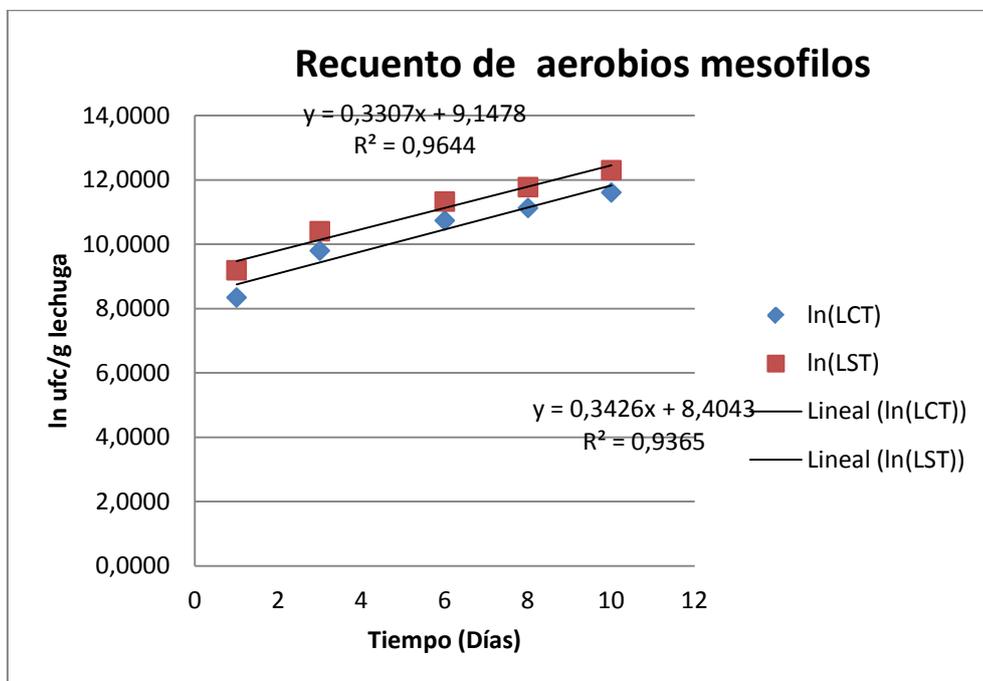


Gráfico 19. Tiempo vs. log recuento de aerobios mesófilos.

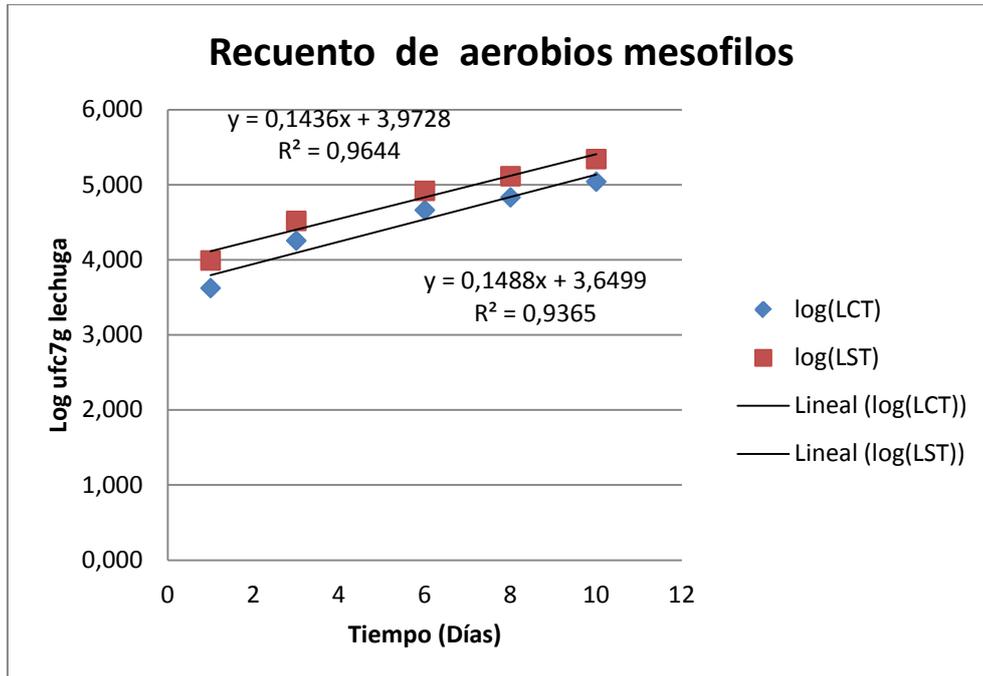


Gráfico 20. Tiempo vs. ln recuento de mohos y levadura

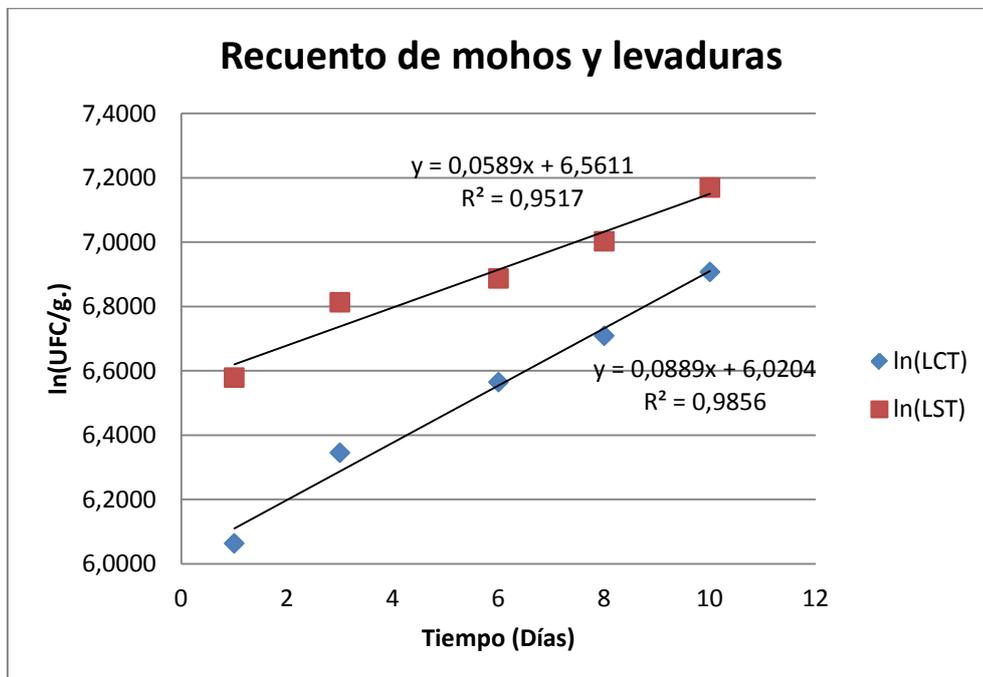


Gráfico 21. Tiempo vs. log recuento de mohos y levadura

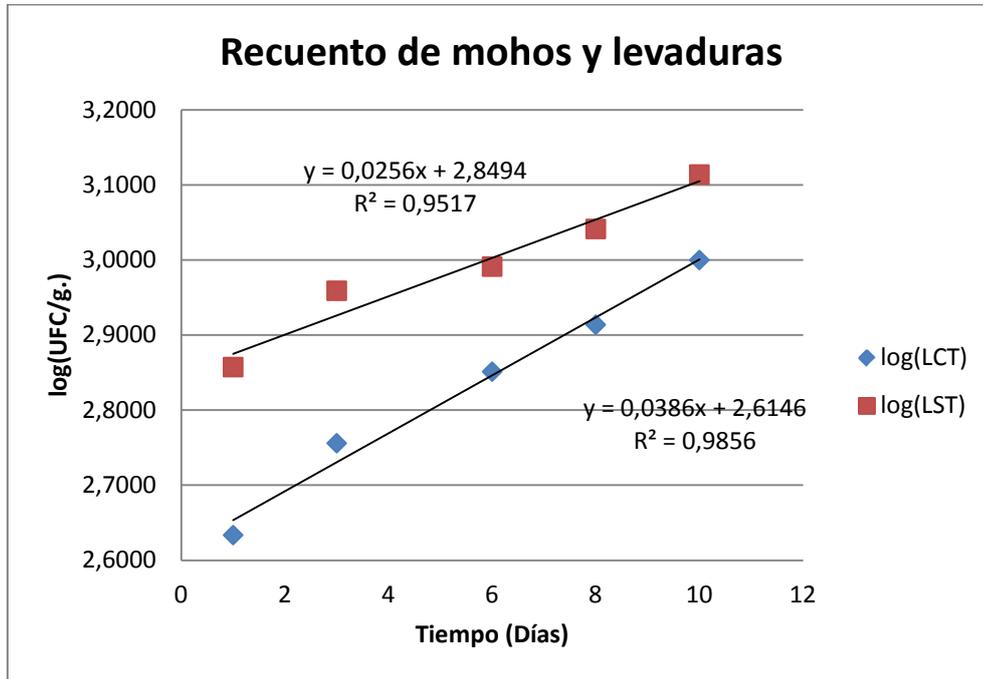


Gráfico 22. Tiempo vs. ln Coliformes

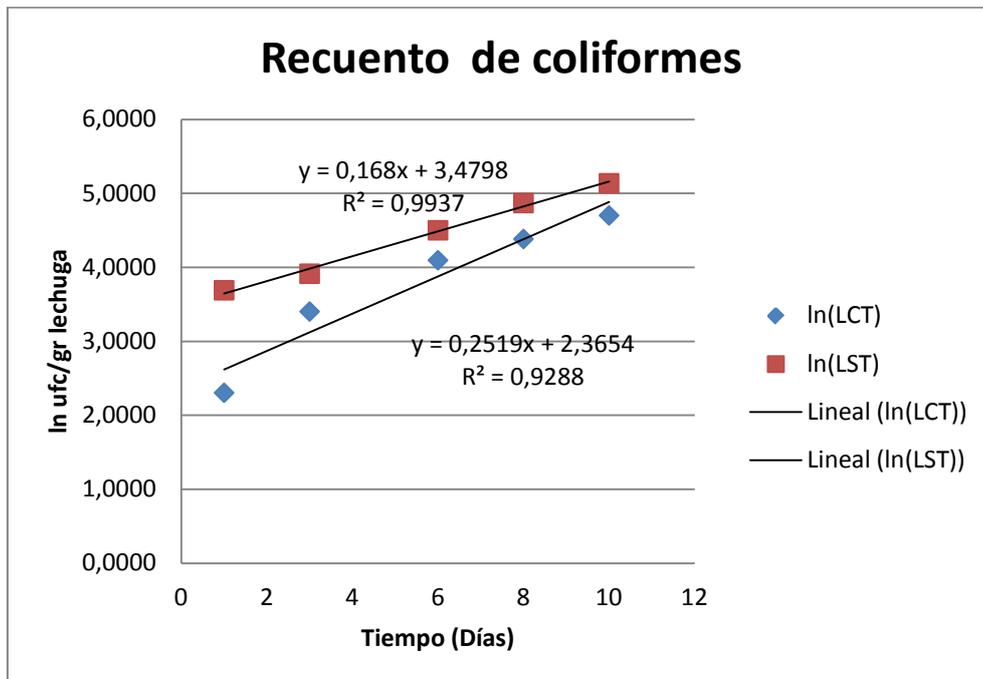
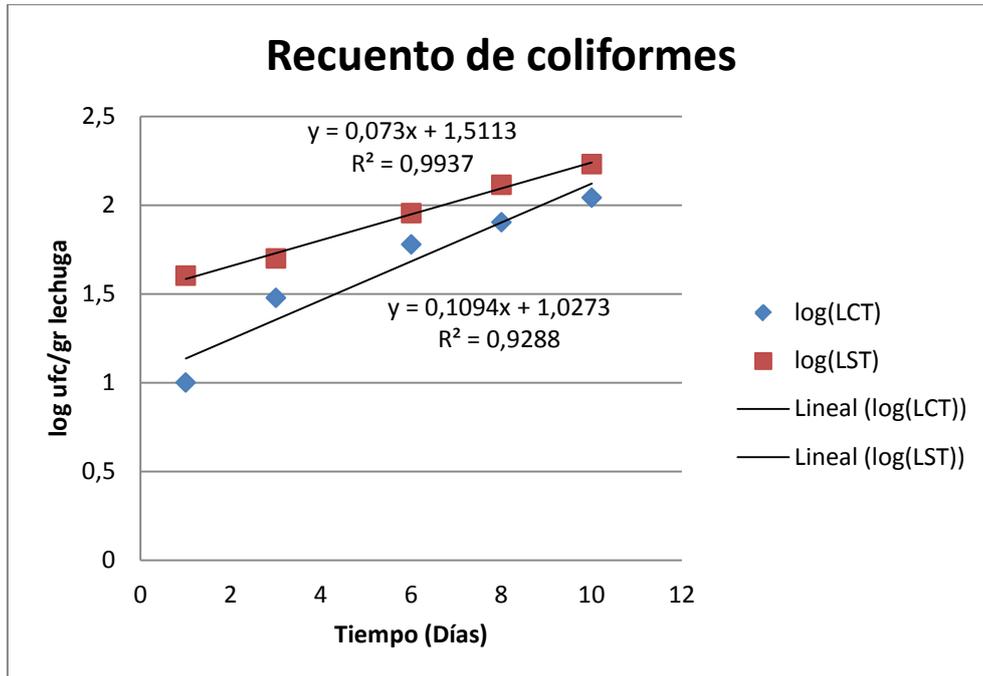


Gráfico 23. Tiempo vs. log Coliformes



ANEXOS D

FOTOGRAFÍAS

<p>1. Cultivo de lechuga cantón Píllaro.</p> 	<p>2. Lechuga Cosechada</p> 	<p>3. De</p> 
<p>4</p> 		<p>6</p> 
<p>7. Tratamiento UV-C</p> 	<p>8. Enfriado</p> 	<p>9. Envasado</p> 

10. pH



11. Acidez



14. Cámara de flujo laminar



16. Conservación de las lechugas



17. Analisis sensorial



ANEXO E

**HOJA DE CATAACION, NORMAS MICROBIOLÓGICAS, BUENAS
PRACTICAS DE FABRICACIÓN E INSTRUMENTOS DE USO DE PLACAS
PETRIFILM 3M Y CALCULOS DE VIDA ÚTIL**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
ANÁLISIS SENSORIAL DE CALIDAD Y ACEPTABILIDAD DE LA LECHUGA

Nombre: _____

Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Por favor, en el orden que se solicite deguste las muestras y marque con (X).

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVAS	MUESTRAS
COLOR	1. Verde muy débil	..... ..
	2. Verde	..... ..
	3. Verde característico	..... ..
	4. Verde intenso	..... ..
	5. Verde brillante	..... ..
AROMA	1. Desagrada mucho	..... ..
	2. Desagrada poco	..... ..
	3. Ni agrada ni desagrada	..... ..
	4. Agrada	..... ..
	5. Agrada mucho	..... ..
TEXTURA	1. Desagrada mucho	..... ..
	2. Desagrada poco	..... ..
	3. Ni agrada ni desagrada	..... ..
	4. Agrada	..... ..
	5. Agrada mucho	..... ..
ACEPTABILIDAD	1. Desagrada mucho	..... ..
	2. Desagrada poco	..... ..
	3. Ni agrada ni desagrada	..... ..
	4. Agrada	..... ..
	5. Agrada mucho	..... ..

OBSERVACIONES.....
.....
.....

VIDA ÚTIL DE LA LECHUGA TRATADA CON RADIACIÓN UV-C TOMANDO EN CUENTA EL MEJOR TRATAMIENTO

La vida útil de un alimento es el periodo de tiempo en el que, con unas circunstancias definidas, el producto mantiene parámetros de calidad específicos. El concepto de calidad engloba aspectos organolépticos o sensoriales, como el sabor o el olor, nutricionales, como el contenido de nutrientes, o higiénico-sanitarios, relacionados de forma directa con el nivel de seguridad alimentaria.

Cálculo de los tiempos de vida útil

Los cálculos de los tiempos de vida útil en las lechugas troceadas resultantes del mejor tratamiento (a_0b_1), se llevó a cabo considerando el recuento de aerobios mesofilos, mohos / levaduras y coliformes. Primeramente se identificó la orden de reacción, tomando en cuenta el recuento de aerobios mesofilos:

$$\ln C = \ln C_0 + kt \quad [1]$$

Dónde:

$\ln C$ = Vida media

$\ln C_0$ = valor obtenido de la regresión lineal

t = tiempo

k = constante

$$\ln C = 0.3426t + 8.4043 \quad [2]$$

Ecuación obtenida de la regresión lineal teniendo como indicador al recuento de aerobios mesofilos de la lechuga con tratamiento UV-C (LCT), ver gráfico 18. Al desarrollar la fórmula 1 se obtiene:

$$\text{anti } \ln 8.4043 = 4466.23 \text{ (vida media)}$$

$$\text{Tiempo inicial } t_1 = 0 \text{ (días)}$$

Primera vida media

$$C = \text{vida media}/2 \quad [3]$$

$$C = 4466.23/2$$

$$\mathbf{C = 2233.11 \text{ (primera vida media)}}$$

$$\text{Log } (A_1)$$

$$\text{Log } (2233.11) = 3.348$$

Al reemplazar el valor de C en la formula [2] se obtiene:

$$\text{Ln}(2233.11) = 0.3426t + 8.4043$$

$$7.7111 = 0.3426t + 8.4043$$

$$t_2 = 2.0235$$

Segunda vida media

$$C = \text{primera vida media}/2$$

$$C = 2233.11/2$$

$$\mathbf{C = 1116.55 (segunda vida media)}$$

$$\text{Log}(A_2)$$

$$\text{Log}(1116.55) = 3.0478$$

Al reemplazar el valor de C en la formula [2] se obtiene:

$$\text{Ln}(1116.55) = 0.3426t + 8.4043$$

$$7.0179 = 0.3426t + 8.4043$$

$$t_3 = 4.0467(\text{días})$$

Cálculo del orden de reaccion del mejor tratamiento:

$$m = \frac{\log(t_3 - t_2) - \log(t_2 - t_1)}{\log\{A_1\} - \log\{A_2\}} + 1$$

$$m = \frac{\log(4.04 - 2.02) - \log(2.02 - 0)}{\log(3.34) - \log(3.04)} + 1$$

$$m = \frac{0.309 - 0.307}{0.300} + 1$$

$$m = 1$$

Al realizar los cálculos correspondientes se pudo determinar que la cinetica descrita para el recuento de aerobios mesofilos corresponde a la cinetica de primer orden; se llega a esta conclusion ya que el valor de m corresponde al orden de reaccion de uno.

Cálculo de tiempo de vida de anaquel en lechuga resultante del mejor tratamiento.

$$\text{Ln}C_0 = 0.1488t + 3.6499$$

$$C = 1.00E5$$

$$A = 3.6499$$

$$B = 0.1488$$

$$R^2 = 0.9365$$

$C = 1.00E5$, se recomienda como nivel máximo de expendio para las hortalizas procesadas de acuerdo a la norma.

La forma de la ecuación para la cinética de primer orden es:

$$\text{Ln} \frac{C}{C_0} = kt$$

Que expresada en función del logaritmo vulgar sería:

$$\text{Log}C \frac{2.303KT}{2.303} + \text{log}C_0$$

Luego, reemplazando los valores a través de la regresión determinada en gráfico 19 tenemos:

$$\text{Log}C_0 = 0.1488t - 3.6499$$

Despejando el tiempo tenemos:

$$t = \frac{\text{log}(1.00E5) + 3.6469}{0.1488}$$

$$t = 9 \text{ días}$$

ANEXO F

**REPORTE DE RECuento MICROBIOLÓGICO DE *SALMONELLA*,
SHIGELLA Y *E. COLI* REALIZADO EN EL LABORATORIO LACONAL**