UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL DE FRESAS (*Fragaria vesca)* MEDIANTE TRATAMIENTO CON LUZ ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA UV-C

Tesis de Grado previa 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.

Por: Ángel Javier Beltrán Alban

Tutor: Ph.D. Milton Ramos

AMBATO – ECUADOR

2010

APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS

Ph.D. Milton Ramos

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación realizado bajo el tema: "ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL DE FRESAS (*Fragaria vesca)* MEDIANTE TRATAMIENTO CON LUZ ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA UV-C", del egresado Ángel Javier Beltrán Alban; considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Jurado Examinador designado por el Honorable. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, Junio de 2010

……
Ph.D. Milton Ramos
TUTOR

AUTORÍA DE LA TESIS

Los criterios emitidos en el siguiente trabajo de investigación: “ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL DE FRESAS (*Fragaria vesca)* MEDIANTE TRATAMIENTO CON LUZ ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA UV-C”, así también como los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones, corresponden exclusivamente a Ángel Javier Beltrán Alban; Dr. Milton Ramos, Tutor del Proyecto de Investigación.

Ambato, Junio de 2010

Ph.D. Milton Ramos
TUTOR

APROBACIÓN DEL 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, Junio de 2010

Para constancia firman:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios por darme la oportunidad de vivir y compartir con los seres que más quiero.

A mis padres Ángel, Jimena por brindarme todo el amor, apoyo, y comprensión en buenos y malos momentos, ya que sin ellos esta meta no hubiera sido posible.

A mi hermano Andres quien con su ejemplo, perseverancia, y profesionalidad fue una base sumamente sólida para culminar este sueño.

A mi abuelita Isabel que mediante consejos, y todo el cariño me impulso a seguir el camino correcto.

A mis buenos amigos Ricardo, Juan, Washington y Luis que en el transcurso de toda mi vida estudiantil fueron pilares muy trascendentales apoyándome, comprendiéndome, y lo fundamental impulsándome a la perseverancia en conseguir el título profesional.

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos a sus autoridades, maestros y a todas las personas que hacen de esta institución digna de reconocimiento ya que impartieron su sabiduría y experiencias durante mi vida estudiantil para poder culminar mis metas propuestas.

A la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos UOITA por permitirme realizar la fase experimental del proyecto con el cual obtuve el tan anhelado titulo.

A mi director de tesis Doctor Milton Ramos quien me impartió sus valiosos conocimientos, ayudándome a perseverar y realizar un trabajo de investigación de alto nivel profesional.

Mis más sinceros agradecimientos a mi director de proyecto Ing. Mario Fernando Álvarez por permitirme colaborar en el proyecto del cual deriva este trabajo de investigación, por brindarme sus consejos y constante apoyo en la culminación satisfactoria de esta tesis.

ÌNDICE GENERAL

		Pag
Resumen Ejecutivo		xiv
CAPÌTULO I		
1.1.	Tema	1
1.2.	Planteamiento del problema	1
1.2.1.1.	Contextualización	1
1.2.1.2.	Macro contextualización	4
1.2.1.3.	Meso contextualización	7
1.2.1.4.	Micro contextualización	8
1.2.2.	Análisis crítico	10
1.2.3.	Prógnosis	11
1.2.4.	Formulación del problema	12
1.2.5.	Interrogantes	13
1.2.6.	Delimitación del objeto de investigación	13
1.3.	Justificación	14
1.4.	Objetivos	17
1.4.1.	Objetivo General	17
1.4.2	Objetivos Específicos	17
CAPÌTULO II		
Marco Teórico		18
2.1.	Antecedentes investigativos	18
2.2.	Fundamentación filosófica	20
2.2.1.	Aspectos botánicos y cultivos de la fresa	22
2.2.2.	Descripción	22
2.2.3.	Clasificación científica	24
2.2.4.	Tratamientos UV-C	25
2.2.5.	Parámetros de calidad de la fresa	25
2.2.5.1.	Producción de etileno	26

2.2.5.2. Perdida de peso 26
2.2.5.3. Color 26
2.2.5.4. Sólidos solubles 27
2.2.5.5. Aroma 27
2.2.6. Generalidades de la calidad y poscosecha de la fresa 28
2.2.6.1. Cosecha 28
2.2.6.2. Parámetros de calidad de la fresa 28
2.2.6.3. Recomendaciones generales de manejo poscosecha 28
2.3. Fundamentación legal 29
2.4. Categorías fundamentales 30
2.4.1 Descripción del proceso 32
2.5. Hipótesis 34
2.6. Señalamiento de la variable 34

CAPÌTULO III.
Metodología 36
3.1. Modalidad básica de la investigación 36
3.2. Nivel o tipo de investigación 36
3.3. Población y muestra 37
3.3.1. Población 37
3.3.2. Muestra 37
3.4. Operacionalización de variables 37
3.5. Plan de recolección de la información 40
3.6. Plan de procesamiento de la información 43

CAPÌTULO IV
Análisis e interpretación de resultados 44
4.1. Resultados 44
4.2. Discusión 44
4.2.1. Infección fúngica 44
4.2.2. Bacterias 46
4.2.3. Mohos y levaduras 48

4.2.4. Coliformes 49
4.3. Análisis de los resultados físico- químicos 50
4.3.1 Vitamina C 50
4.3.2. Sólidos solubles 51
4.3.3. Acidez 52
4.3.4. Firmeza 53
4.3.5. Humedad 55
4.3.6. pH 56
4.3.7. Antocianinos 57
4.3.8. Azúcares reductores 58
4.4. Selección del mejor tratamiento 59
4.5. Análisis sensoriales de los resultados 59
4.5.1. Aroma 59
4.5.2. Color 60
4.5.3. Dulzor 60
4.5.4. Textura 61
4.6. Vida útil 62
4.7. Estudio económico 64
4.7.1. Materiales directos 64
4.7.2 Equipo y utensilios 64
4.7.3. Suministros 65
4.7.4. Personal 65
4.7.5 Costo de producción 65
4.8 Verificación de la hipótesis 66

CAPÌTULO V

Conclusiones y Recomendaciones 68
5.1. Conclusiones 68
5.2. Recomendaciones 70

CAPÌTULO VI

Propuesta 71
6.1. Datos Informativos 98
6.2. Antecedentes de la Propuesta 72
6.3. Justificación 74
6.4. Objetivos 76
6.5. Análisis de Factibilidad 77
6.6. Fundamentación 77
6.7. Metodología. Modelo Operativo 79
6.7.1. Materiales y Equipos 81
6.7.2. Tecnología de Elaboración 83
6.8. Administración 84
6.9. Previsión de la evaluación 86
Bibliografía 87
Anexos 94

ÌNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de fresas en el mundo
Cuadro 2. Frutas y hortalizas con alta concentración de antioxidantes
Cuadro 3. Dosis mínimas requeridas para inhibir en 100% a diferentes microorganismos
Cuadro 4. Composición de la fresa por 100 g de porción comestible

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A2. Infección Fúngica (fracción) en fresas tratadas con UV-C
Tabla B1. Análisis de varianza de la (fracción) de Infección fúngica en fresas tratadas con UV-C
Tabla A2. Recuento total de mesófilos en fresas tratadas con UV-C
Tabla B2. Análisis de varianza de recuento total de bacterias mesofilas en fresas tratadas con UV-C

Tabla B2.1. Prueba de Tukey para el Factor A (Distancia)

Tabla A3. Mohos y levaduras en fresas tratadas con UV-C

Tabla B3. Análisis de varianza del recuento de mohos y levaduras en fresas tratadas con UV-C

Tabla A4. Coliformes en fresas tratadas con UV-C

Tabla B4. Análisis de varianza del recuento de coliformes en fresas tratadas con UV-C

Tabla A5. Vitamina C en fresas tratadas con UV-C

Tabla B5. Análisis de varianza de la concentración de Vitamina C en fresas tratadas con UV-C

Tabla A6. Sólidos solubles en fresas tratadas con UV-C

Tabla B6. Análisis de varianza de ºBrix en fresas tratadas con UV-C

Tabla A7. Porcentaje de acidèz (ácido cítrico) en fresas tratadas con UV-C

Tabla B7. Análisis de varianza de la àcidez (% ácido cítrico) en fresas tratadas con UV-C

Tabla B7.1. Prueba de Tukey para el Factor A (Distancia)

Tabla A8. Firmeza en fresas tratadas con UV-C

Tabla B8. Análisis de varianza de la firmeza de fresas tratadas con UV-C

Tabla B8.1. Prueba de Tukey para el Factor A (Distancia)

Tabla A9. Porcentaje de humedad en fresas tratadas con UV-C

Tabla B9. Análisis de varianza en porcentaje de humedad en Fresas tratadas con UV-C

Tabla B9.1. Prueba de Tukey para el Factor A (Distancias)

Tabla A10. pH de las fresas tratadas con UV-C

Tabla B10. Análisis de varianza de pH en fresas tratadas con UV-C

Tabla A11. Concentración de antocianinos en fresas tratada con UV-C

Tabla B11. Análisis de varianza de concentración de antocianinos en fresas tratadas con UV-C

Tabla A12. Azúcares reductores en las fresas tratadas con UV-C

Tabla B12. Análisis de varianza de azúcares reductores en fresas tratadas con UV-C

Tabla A13. Características de calidad de las fresas en los dos mejores

tratamientos

Tabla A14. Análisis sensorial de aroma en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Tabla B14. Análisis de varianza del aroma en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Tabla A15. Análisis sensorial de color en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Tabla B15. Análisis de varianza del color en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Tabla A16. Análisis sensorial de dulzor en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Tabla B16. Análisis de varianza del dulzor en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Tabla A17. Análisis sensorial de la textura en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Tabla B17. Análisis de varianza del la textura en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Tabla A18. Recuento de microorganismos en fresas tratadas con UV-C durante el almacenamiento en refrigeración

Tabla A19. Valores de ln de cada valor de UFC/gr. fresa para los cálculos de vida útil

Tabla A20. Valores de vida útil (días)

Tabla A21. Verificación de la hipótesis de los parámetros analizados

Tabla A22. Modelo Operativo (Plan de acción)

Tabla A23. Administración de la propuesta

Tabla A24. Previsión de la Evaluación

ÌNDICE DE GRÀFICOS

Gráfico 1. Árbol de problemas

Grafico2. Espectro electromagnético

Gráfico 3. Diagrama de flujo del tratamiento UV-C de la Fresa (*Fragaria vesca*)

Grafico 4. Red de inclusión

Gráfico 5. Infección fúngica (fracción) en fresas tratadas con UV-C

Gráfico 6. Recuento total de bacterias mesofilas (UFC/g fresa) en fresas tratadas con UV-C

Gráfico 7. Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g fresa) en Fresas tratadas con UV-C

Gráfico 8. Recuento de Coliformes (UFC/g fresa) en fresas tratadas con UV-C

Gráfico 9. Contenido de Vitamina C (mg/100g fresa) en Fresas tratadas con UV-C

Gráfico 10. Sólidos Solubles (ºBrix) en fresas tratadas con UV-C

Gráfico 11. Porcentaje de Acido cítrico en fresas tratadas con UV-C

Gráfico 12. Firmeza en Fresas tratadas con UV-C

Gráfico 13. Porcentaje de humedad en Fresas tratadas con UV-C

Gráfico 14. pH en Fresas tratadas con UV-C

Gráfico 15. Antocianinos en fresas tratadas con UV-C

Gráfico 16. Azúcares Reductores en fresas tratadas con UV-C

Gráfico 17. Aroma en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Gráfico 18. Color en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Gráfico 19. Dulzor en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Gráfico 20. Textura en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Gráfico 21. Recuento de bacterias mesòfilas en la vida útil de fresas tratadas con luz UV-C

Gráfico 22. Recuento de mohos y levaduras en la vida útil de fresas tratadas con luz UV-C

Gráfico 23. Recuento de coliformes en la vida útil de fresas tratadas con luz UV-C

Gráfico 24. Tiempo vs. ln recuento total (bacterias)

Gráfico 25. Tiempo vs. ln recuento (mohos y levaduras)

Gráfico 26. Tiempo vs. ln recuento (coliformes totales)

Gráfico 27. Cámara de tratamiento de luz pulsada con lámparas de xenón

RESUMEN EJECUTIVO

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 y su gran susceptibilidad al hongo *Botrytis cinérea*.

Para ello, las frutas fueron adquiridas en el cantón Cevallos, se las clasificó, lavó y se aplicó radiación UV-C a diferentes distancias y tiempos, seguidamente se analizaron los parámetros físicos-químicos y microbiológicos y, se almacenaron en refrigeración a una temperatura de 5°C.

Los resultados de la caracterización físico-química, calidad microbiológica y análisis sensorial, permitieron determinar el tiempo máximo de conservación de la fresa (*Fragaria vesca),* donde el tiempo de incidencia de la radiación UV-C y la distancia de las lámparas a la fresa juegan un papel preponderante. Los factores de estudio en esta investigación fueron Factor A: Distancia de las lámparas a las fresas, A_0= 30 cm, A_1= 40 cm, A_2= 50 cm y Factor B: Tiempo de exposición a la radiación UV-C, B_0= 5 min, B_1= 7,5 min, B_2= 10 min. El mejor tratamiento fue la combinación A_1B_1, la que corresponde a una distancia de 40 cm por un tiempo de exposición de 7,5 min.

Los parámetros que se analizaron para el mejor tratamiento fueron: vitamina C, °Brix, azúcares reductores, penetrabilidad y contenido de antocianinos, con valores de 43,41mg vitamina C/100g, 9,3°Brix, 6,88mg/100g, 0,48 kg/sq.cm y 0.0308 nmol de glucósido 3 pelargonidina/g fresa, respectivamente. El contenido microbiano obtuvo valoraciones de $2.0x10^2$ UFC/g para bacterias, $2.4x10^2$ UFC/g para mohos y levaduras y, 5.5 $x10^1$ UFC/g para coliformes totales; 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. Se 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.

Al realizar el estudio económico se pudo apreciar que la rentabilidad obtenida en la producción de fresas irradiadas es elevada, pues el costo de producción de una parada de 700 tarrinas de medio kilogramo es de $ 486,04 US, y si se considera el precio de venta a $ 1,25 US por tarrina, entonces se obtiene una utilidad de $ 388,96 US por parada.

En un entorno social en continua evolución como el actual, la tecnología de la radiación UV-C para la industria alimentaria, es un método eficaz y seguro para garantizar la conservación de los alimentos, en este caso las fresas, y evitar la transmisión de enfermedades por vía alimentaria, eludiendo así los problemas sanitarios que alimentos en mal estado podrían causar al consumidor.

CAPÌTULO I
EL PROBLEMA

1.1 TEMADE INVESTIGACIÒN

“Estudio de la vida útil de fresas (*Fragaria vesca)* mediante tratamiento con radiación ultravioleta de onda corta (UV-C)”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1.1. Contextualización

El estudio del perfil del consumidor de productos hortofrutícolas en países desarrollados ha puesto en evidencia que el sabor, aroma, madurez y apariencia son los atributos que más influyen a la hora de tomar la decisión final de la compra de alimentos. Factores tales como valor nutritivo, precio, ausencia de residuos pasan a un segundo término. Se puede decir que el 90% de los consumidores engloban en su concepto de calidad los términos que describen las características sensoriales. Por tanto, la impresión causada por la fresa al consumidor parece englobar todas las características de frescura (Olías, 1998).

La fresa, un fruto de placer por excelencia, es sinónimo de primavera, aunque en la actualidad, gracias a las tecnologías de post recolección y envasado, puede ser consumida prácticamente durante todo el año. Dentro del mundo de la fruta, la fresa se posiciona como un fruto estacional, cómodo de comer y apetecible (Herrera, M., 2002).

El importante valor nutricional y económico de las frutas frescas es bien conocido. Las frutas junto a las hortalizas son los mejores transportadores de vitaminas, minerales esenciales, fibra dietaría, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas. Además proveen de carbohidratos, proteínas y calorías. Estos efectos nutricionales y promotores de la salud mejoran el bienestar humano y reducen el riesgo de varias enfermedades. Por ello las frutas y las hortalizas son importantes para nuestra nutrición, sugiriéndose una ingesta de cinco porciones por día. Por otro lado, las frutas son productos altamente perecederos. Comúnmente, hasta un 23% de las frutas y las hortalizas más perecederas se pierden debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos, pérdida de agua, daño mecánico durante la cosecha, envasado y transporte, o a las inadecuadas condiciones de traslado. (Almenar, E., 2005).

Las pérdidas post recolección de fruta y verdura fresca, principalmente causadas por hongos, están estimadas entre el 10 y el 30% de la producción anual, porcentaje que aumenta en los países menos desarrollados. Estas pérdidas económicas se ven agravadas en el caso de la fresa por una producción en áreas muy distantes a las de su comercialización (puntos de venta), y por tratarse de un producto muy perecedero dado su activo metabolismo post recolección y su susceptibilidad al hongo *Botrytis cinerea*, principal causante de su deterioro. Por estudios de mercado se conoce que el 73% de la población española señala como mayores inconvenientes de la fresa es su fragilidad y su corto periodo de conservación (Herrera, M., 2002).

La vida útil de la fresa puede verse mejorada por el control de procesos de deterioro o inactivación de procesos fisiológicos, tanto del propio fruto como de los patógenos que pueda contener. La temperatura es el factor medio ambiental básico para conservarla durante el almacenamiento por afectar a su tasa de respiración y/o otras reacciones biológicas.

La industria alimentaria al tratar de satisfacer las exigencias de los consumidores ha impulsado el desarrollo y diseño de nuevas tecnologías, equipos, procesos y metodologías que permitan obtener productos con características semejantes a los alimentos frescos y con una vida útil equiparable a productos procesados. Por lo que las tecnologías alternas ofrecen productos en su estado más natural, aumentan la vida de anaquel y ofrecen sobre todo productos inocuos al reducir significativamente la cuenta total microbiana, sobretodo los considerados patógenos y de putrefacción de los alimentos. (Raybaudi-Massilia *et al*, 2006).

La fresa es un fruto muy perecedero debido a la alta velocidad con que transcurren los procesos metabólicos vitales como lo demuestra su alta tasa respiratoria. El rápido deterioro comercial de la fresa viene determinado tanto por el consumo de sus propias reservas nutritivas como por la pérdida de agua por transpiración. Otro aspecto a tener en cuenta en referencia a sus características físicas es que este fruto posee una pulpa relativamente blanda, cubierta con una fina y delicada cubierta, muy susceptible a la rotura. Estas características hacen que la fresa se magulle por efecto de presiones de intensidad relativamente baja.

Los consumidores demandan cada vez más alimentos sin procesamientos severos ni aditivos sintetizados químicamente y asocian alimentos sanos y seguros con alimentos frescos o mínimamente procesados. La demanda de productos de frutas con procesamiento mínimo (frutas cortadas, jugos y néctares) se ha incrementado significativamente en los mercados nacionales y/o internacionales. La industria frutícola está hoy

en día muy influenciada por tres puntos específicos: inocuidad química y microbiológica, beneficio en la salud y características organolépticas de los productos de excelencia (en lo posible, similares a la fruta fresca de la que provienen). Entre los procesos “no térmicos” que se están considerando para conservar alimentos sin los efectos colaterales de los tratamientos térmicos figura la aplicación de radiación ultravioleta (López-Malo A. y Palou E., 2005).

Hoy en día la demanda creciente de fresas frescas ha dado lugar a varias tecnologías de conservación de alimentos. Entre algunas tecnologías alternativas se encuentran la manipulación genética y los tratamientos de post recolección. Estos últimos incluyen el uso de radiaciones gamma y ultravioleta, la disminución de temperatura, el control biológico, la conservación por atmósfera controlada, el uso de recubrimientos y el envasado en atmósfera modificada, son algunas tecnologías aplicables para conservar diferentes tipos variedades frutícolas la cual tiene como fin disminuir significativamente la proliferación de microorganismos.

1.2.1.2. Macro contextualización

La producción mundial de fresa ha aumentado drásticamente durante la última década, muy ligada a proyectos de investigación. En los años 80, aumentó en un 40%, alcanzándose 2,37 millones de toneladas por año, siendo el 50% producido por Europa y el 25% por Norte América. Actualmente, países como EE.UU. (541.000 toneladas), Polonia (253.200 toneladas), España (326.000 toneladas), Japón (216.000 toneladas) e Italia (161.800 toneladas) se reparten la mayoría de la producción mundial, sumando juntos el 69,7%. La aparición de estos nuevos productores se debe a aumentos de producción en zonas de inviernos medios, como Egipto y España, pasando del 35% al 50%, a la falta de continuidad anual de la producción en fresco (específica de primavera), implicando adopción de sistemas de cultivo intensivos y adecuados al medioambiente para evitar

fluctuaciones de precio entre estaciones, y a aumentos y cambios de las bases de producción por investigaciones en sembrado, recolección, sistemas de cultivo, fisiología del fresal y tecnologías de cultivo (Parra, A. y Hernandez, J., 1997).

Hoy en día, fresas y fresones son de cultivo intensivo gracias a los invernaderos, siendo asequibles durante todo el año, aunque con calidad óptima de marzo a julio. Así, la producción de fresa y fresón de vivero en España está encabezada por las variedades “Camarosa” y “Milsei” dentro del fresón y “Reina de los valles” en las fresas. Esta última, presenta su producción mayoritaria en fresco, y siempre certificada, asegurando así su calidad e inocuidad. (Colomé, E.,1999).

Actualmente el mayor productor de fresa en América es EE.UU. como lo indican datos emitidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el año 2001. En ese año, la producción de la fruta en EE.UU. alcanzó la cifra de 760.000 toneladas métricas. Con este volumen de producción, EE.UU. supera en una proporción mayor al doble al segundo productor de fresa en el mundo que es España, país que en el mismo año alcanzó un volumen de producción de 32.6000 toneladas métricas. En el cuadro 1 se presenta a los principales países productores de fresas en el mundo.

El principal exportador en el mundo de fresa es España, que en el año 2001, exportó un volumen igual a 212.081 toneladas métricas, lo cual representa el 65% de su producción total, es decir que solamente el 35% es para consumo interno. Esta cantidad de toneladas métricas exportadas por España en el 2001 supera en una proporción bastante considerable al segundo mayor exportador del mundo que es EE.UU.

EE.UU. pese a ser el mayor productor mundial de fresa, solamente exporta el 7,7% de su producción, mientras que el restante 92,3% se

consume en el mercado interno. El total de exportaciones de fresa de EE.UU. en el 2001 alcanzó la cifra de 58.554 toneladas métricas.

México por su parte ocupa el quinto lugar en volumen de exportación de fresa en el mundo, el cual en el 2001 fue de 30910 toneladas métricas, equivalentes al 23,6% de su producción total en el mismo año. Eso indica que poco más de tres cuartas partes de la producción mexicana de fresa es consumida en el mercado interno.

Otros países exportadores de fresa en el mundo son: Italia y Bélgica que superan a México en cuanto a monto de exportaciones con 32.975 y 32.572 toneladas métricas respectivamente en el año 2001. Por su parte, países como Polonia, Francia, Marruecos, Países Bajos y la Federación Rusa también destacan entre los países exportadores de fresa en el mundo, aunque en un monto menor que el que lo hace México.(www.conlapanzallena.com.ar)

Cuadro1. Principales países productores de fresas en el mundo

Producción Mundial de Fresa							
Principales Productores							
(toneladas métricas)							
	1997	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**
Estados Unidos	738.354	743.750	831.258	862.828	749.510	855.290	944.740
España	273.734	308.300	377.527	344.867	314,079	328.700	262.500
Polonia	162.509	149.858	178.211	171.314	242.118	153.083	131,332
Japón	200.000	181.100	203.100	205.300	208,600	210.500	20.800
Italia	161.557	178.000	185.852	195.661	184.314	150.890	154.826
Corea	151.199	155.521	152.481	180.501	202.966	209.938	209.938
México	98.398	118.805	137.736	141.130	130.688	142,245	150.261
Turquía	110.000	120.000	128,000	130.000	117.000	145.000	145.000
Alemania	78.877	81.545	109.194	104.276	110.130	105.297	95.278
Mundial	2.756,06	2.860,51	3.143,06	3.252,00	3.166,44	3.200.30	3.198,689

Fuente: FAO–STAT: (2003)

1.2.1.3. Meso contextualización

En el continente Americano los principales países productores de fresa son los EE.UU., Canadá, México, Guatemala, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Chile y Argentina. Hay opiniones que sostienen que la fresa es uno de los productos con creciente posibilidad de expansión de consumo, incluso a mercados alejados que pueden ser abastecidos gracias al transporte aéreo. (Almenar E., 2005).

Chile, el país más austral, ubicado entre los paralelos 18° y 56° en América del Sur, presenta una gran variedad de climas y suelos, importantes factores que explican, en cierta medida, el gran desarrollo como país productor y exportador frutícola. Las barreras naturales; por el norte el desierto más árido del mundo, por el sur hielos patagónicos, cordillera de Los Andes al este y Océano Pacífico al oeste, separan a este país de sus vecinos y contribuyen en forma importante a mantener la sanidad en la agricultura. Barreras fitosanitarias son impuestas por autoridades en el país y numerosos procedimientos son aplicados por las empresas del rubro para preservar esta sanidad. (Carballo S. y Scalone M., 2006).

En el año 2000, la Food and Drug Administration (FDA) aprobó el uso de la irradiación UV para reducir patógenos y otros microorganismos en jugos claros, a petición de la empresa California Day - Fresh Fruits, Inc. Mientras que este proceso no puede asegurar la eliminación de todos los microorganismos, sin embargo puede lograr una reducción considerable. El consumo de alimentos no pasteurizados ha sido responsable en la última década de enfermedades causadas por infección de *Escherichia coli* O157:H7, *cryptosporidiosis* y salmonelosis en América. (Almenar, E., 2005).

Desde el punto de vista de conservación y/o procesamiento, Holdsworth (1988) menciona que para someter a conservación a alguna

fruta u hortaliza hay que tomar en cuenta que en productos que tienen un pH por debajo de 3.7 es frecuente tratar a una temperatura de al menos 85ºC durante 1 min. La principal excepción son las fresas que requieren una temperatura de al menos 90ºC para prevenir el crecimiento de mohos termo resistentes de *Byssochlamys* sp**.**

1.2.1.4. Micro contextualización

Ecuador produce anualmente alrededor de 30.000 toneladas métricas de fresas. El 60% de tal volumen es para el consumo nacional en fruta fresca o procesada en frescos, helados, yogur y mermeladas. El resto se exporta a EE.UU, España y los Países Bajos. La mitad del cultivo de fresa en Ecuador está en Pichincha, luego está Tungurahua con el 20% y el resto se reparten entre Chimborazo, Cotopaxi, Azuay y parte de Imbabura. La cosecha de la fresa se inicia a los tres meses. Recomiendan plantar las especies oso grande ZZ mejorado, chandler, irwin, diamante o híbridos con gran resistencia a las plagas. (Cultivode la fresa - www.elcomercio.comobtenido el 19/08/2009).

El precio en el mercado y el rojo intenso convierten a la fresa en una fruta seductora. Esta apariencia cautivó a los agricultores de las provincias de la Sierra centro, al norte de Pichincha, parte del Azuay e Imbabura, para transformar sus campos en los reductos de esta fruta gruesa, brillante y de apariencia fresca.Se conoce que la tendencia del cultivo es creciente, entre un 20 y 30% anual, debido a que el cultivo es de fácil manejo y ocupa la mano de obra familiar. La fresa, se puede cosechar bajo invernadero a 3000 metros de altitud, con buenos resultados(Fernández, M., 2000).

El clima benigno, entre los 1200 y 2700 metros de altura, favorece el cultivo, aunque el cambio climático de los últimos meses causó escasez en el mercado, por la falta de maduración oportuna. Sin embargo, empieza a normalizarse.

La producción de fresas en el país y en la provincia de Tungurahua se ha incrementado, inclusive se conoce que técnicos del Consejo Provincial de esta provincia han iniciado la difusión de su cultivo. En la actualidad se comercializa muy bien este producto en dos cadenas grandes como son SUPERMAXI y MI COMISARIATO, en donde la fruta es altamente demandada.

En la provincia de Tungurahua se procesa la fresa en la Planta Hortofrutícola de Ambato (Planhofa), en la que los fruticultores poseen acciones. La administración actual señala que el volumen procesado no abastece el mercado, por la baja producción, aunque hay una tendencia a aumentar. Esta planta procesa mensualmente alrededor de15.000 kilos, provenientes 50% de Yaruquí (Pichincha) y el resto de Tungurahua. (http://www.sica.gov.ec/ /fresas/docs/situacion_ecuador.html).

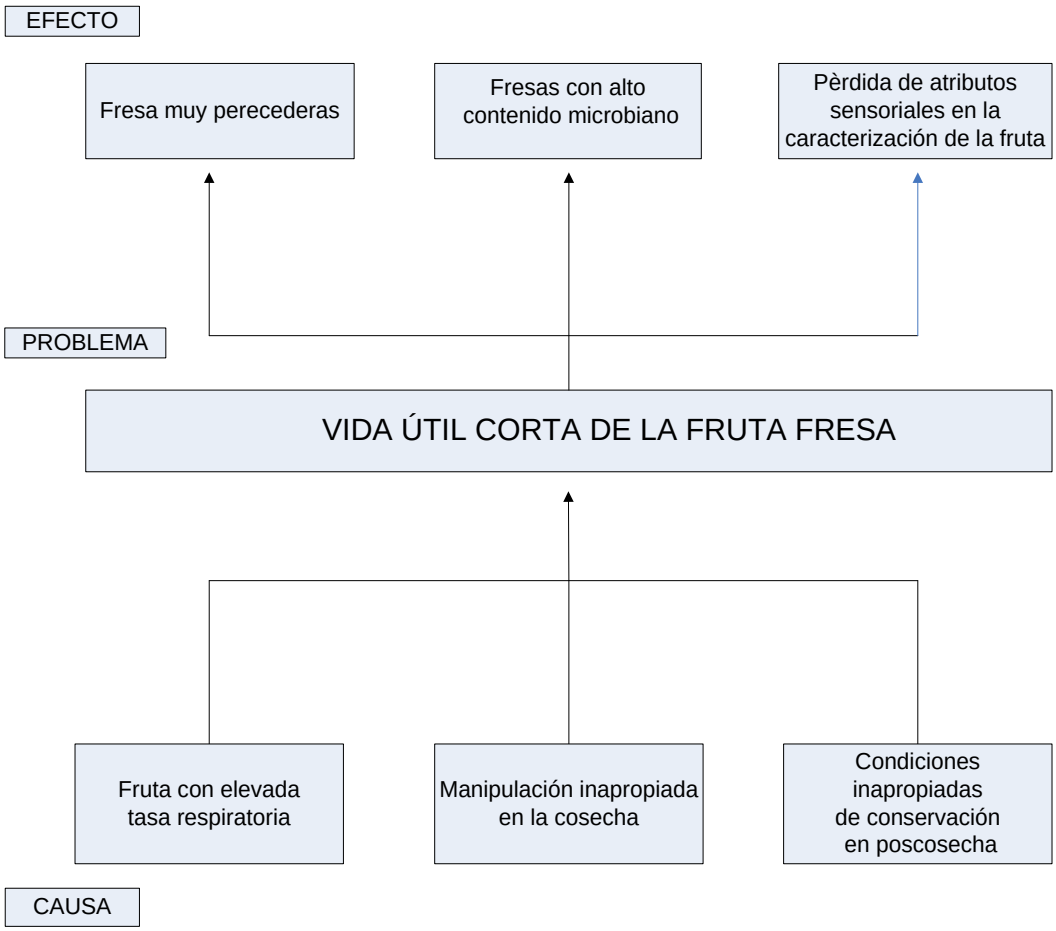
Planhofa requiere 10.000 kilos adicionales para abastecer el mercado local. El 70 por ciento de la producción va en pulpa pasteurizada y congelada con la marca Frisco a la empresa Ecuajugos. El restante se transforma en mermelada para la elaboración de yogur Tony o Alpina, o se vende en los supermercados. “Hasta el momento no se ha exportado pulpa de fresa y no es recomendable, porque hace falta capacitación a los fruticultores en producción orgánica”, explicó el actual gerente.

Existen testimonio a nivel local, que señalan el incremento en la producción de fresa, así Luis Fuente, fruticultor de Saquisilí, comenzó a producir fresa orgánica en nueve hectáreas de terreno repartidas entre Santa Rosa, en Ambato y Saquisilí, en Cotopaxi. Desde que entró al negocio de esta fruta, el agricultor entrega a la Planhofa 1200 cajas de fruta, es decir 600 kilos semanales. “Entrego a la industria y también comercializó en los mercados de Babahoyo, Ambato y Guayaquil”, aseguró.(Cultivo de la fresa-www.elcomercio.comobtenido el 19/08/2009).

El cultivo se retoma, porque es una fruta rentable y con una gran demanda en el mercado, comenta Aníbal Martínez, técnico del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la zona. Martínez detalló que el 60% de las plantaciones crece a cielo abierto y las otras, bajo invernadero. Pichincha es uno de los referentes de la producción nacional con el 50% de superficie.

1.2.2. Análisis crítico

Gráfico2. Árbol de problemas



Relación causa–efecto

La fresa es una de las frutas que posee una elevada tasa de transpiración, dando lugar a que sea muy perecedera y que generalmente se deteriora entre los 3-5 días después de la cosecha. Además, es importante destacar que la microflora de las fresas, que crecen a ras del suelo, está

compuesta por microorganismos provenientes del suelo, de las plantas en descomposición y por el uso de aguas de riego contaminadas. Generalmente las fresas se contaminan por agentes que son incorporados después de la cosecha a través de falta de higiene durante el almacenamiento, transporte, manipulación y exposición de los productos en los locales de expendio, las cuales pueden permitir y estimular el crecimiento de agentes patógenos entre las cuales se puede mencionar la arañita roja (*Tetranychus sp*), pulgones (*Mizus persicae* y *Aphis sp*), gusano de tierra (*Agrotis sp* y *Feltia sp*), y la podredumbre gris (*Botrytis cinerea*), esta enfermedad fúngica es una de las principales que afectan a la producción de la fresa en el mundo, las cuales implican una serie de daños como coloraciones, amarillemientas, manchas rojizas o curvado de los bordes en las hojas, debilitamiento de la raíz y putrefacción del fruto (Almenar, E., 2005).

La disminución de las altas pérdidas de frutas requiere la adopción de varias medidas durante la cosecha, el manipuleo, y todas las operaciones de poscosecha de frutas para obtener productos adecuados con mejores propiedades en su almacenamiento. Por ello creemos que la tecnología a desarrollarse mediante el presente estudio causará un efecto positivo en los agricultores que se dedican al cultivo de fresas en el país; ya que podría alargar el tiempo de vida útil y por ende su comercialización y a la vez el consumidor tendrá garantizada su salud al consumir fresas de buena calidad sanitaria puesto que el producto tendrá un alto nivel de inocuidad.

1.2.3. Prognosis

Al no aplicar esta tecnología de conservación de fresas, como es el caso de tratamientos por UV-C, se tiende a disminuir la vida útil de la fruta y por la misma razón se mantiene altos niveles de desperdicio de fresa y corto tiempo de vida para su comercialización. Por lo tanto; el retraso en solucionar el presente problema arrastrará altas pérdidas económicas tanto en agricultores como en los expendedores de este tipo de cultivo no

tradicional, debido a que la fresa posee un tiempo corto de vida útil, generalmente deteriorándose entre los 3-5 días después de la cosecha. Por otra, la sanitización e inocuidad de los alimentos es un parámetro que diariamente cobra mayor vigencia, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. La disponibilidad de productos alimenticios de buena calidad sanitaria es uno de los parámetros de controversia a nivel mundial, y su demanda incrementa conforme a la población que adquiere conciencia de la importancia que tiene para su salud.

Vale recalcar que Tungurahua es uno de los principales productores de fresas en el país, por la misma razón la fresa con tratamientos de UV-C permitiría tener una tecnología de comercialización más adecuada, obteniendo así beneficios tanto para el campo agrícola como para el agroindustrial, puesto que la fresa es una fruta muy diversa que se la puede utilizar en la elaboración de yogures, mermeladas, enlatados, o en si en fruta entera.

Finalmente, si no se realizara el presente proyecto de investigación, no existiría la posibilidad de incrementar la formación académica, en cuanto a tecnología se refiere, en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.4. Formulación del problema

La aplicación de la tecnología a emplearse, la cual consiste en la utilización de tratamientos de radiación con radiación ultravioleta de onda corta conocida como UV-C en fresas, producirá un aumento en la vida útil de la fruta por su acción sobre la microflora natural presente en la fruta. Por consiguiente se puede obtener fresas de mejor calidad, así como también prolongar el tiempo de vida útil en almacenamiento de la fruta, que permita tanto al agricultor como al expendedor obtener más tiempo para su comercialización sin pérdidas económicas.

Variable independiente: *Tratamientos con radiación ultravioleta de onda corta*

Variable dependiente: *Vida útil de fresasmediante reducción de microorganismos*

1.2.5. Interrogantes

¿Cómo influye la aplicación de tratamientos UV-C en fresas sobre los atributos de calidad de la fruta?

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

¿Cómo influirá el envasado y almacenado en refrigeración para disminuir la proliferación microbiana de las fresas?

¿Mediante la aplicación de la tecnología a utilizarse se logrará obtener un producto inocuo y de buena calidad apto para el consumo?

1.2.6. Delimitación del objeto de investigación

Campo: Alimentos.

Área: Agrícola.

Aspecto: La aplicación de tratamientos UV-C en las fresas aumentará la calidad y vida útil de la fruta envasada y conservada en refrigeración, en beneficio tanto de consumidores, como de los fruticultores que lo producen.

Temporal: Tiempo de Investigación: Septiembre del 2009 a Marzo del 2010.

Espacial: El presente proyecto de investigación se ejecutó en la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos en los Laboratorios de la UOITA.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La fresa es uno de los frutos altamente apreciados en el mundo y también en nuestro país por su sabor y por su riqueza en vitaminas y minerales; además es un producto que tiene una amplia posibilidad de utilización industrial en la obtención de diferentes productos como mermeladas, purés, concentrados, helados, etc. Las fresas deben cosecharse cuando el 75% de su superficie se ha puesto roja y el fruto está todavía firme. Las fresas son muy perecederas y se deterioran dentro de los 2 o 3 días de la cosecha en condiciones ambientales naturales.

La fresa, como alimento perecedero, dada su alta tasa de respiración y transpiración y su gran susceptibilidad al hongo *Botrytis cinerea*, necesita atmósferas de 5-10% de O2 y 15-20% de CO2 para conseguir un aspecto óptimo en sus diferentes parámetros de calidad (Colomé, E., 1999).

Los beneficios sanitarios asociados al consumo regular de frutas y hortalizas frescas han sido claramente demostrados y fomentados por las autoridades sanitarias y nutricionales nacionales e internacionales, como el indicado por el Centro de Investigaciones sobre Nutrición Humana y Envejecimiento con sede en Boston, entidad científica que es miembro del Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de EE.UU., misma que ha reportado que los alimentos con alto contenido de antioxidantes, denominados alimentos ORAC (*Oxigen Radical Absorbance Capacity*), pueden contribuir a reducir los daños por oxidación de las células. Los primeros estudios realizados con sangre humana y animal para medir la cantidad total de antioxidante y otras sustancias químicas han permitido establecer que consumir frutas y vegetales con altos contenidos de antioxidantes, Cuadro2, tales como espinaca, coles de Bruselas, frutas como mora, fresa, frambuesa, ciruelas y otros, pueden contribuir a desacelerar procesos de envejecimiento del cuerpo y del cerebro.

Cuadro 2.-Frutas y hortalizas con alta concentración de antioxidantes

Frutas	Unidades orac/100 g	Hortalizas	Unidades orac/100 g
Ciruela pasa	5770	Kale	1770
Mora	2036	Coles de alfalfa	930
Fresa	1540	Brócoli	890
Frambuesa	1220	Remolacha	840
Ciruela	949	Pimentón rojo	710
Naranja	750	Cebolla	450
Uva roja	739	Maíz	400
Cereza	670	Berenjena	390

Autor: López-Malo, 2005.

El reto de la investigación es aún mayor dirigidas para los productores agrícolas, ya que su producción se encuentra sujeta a la disponibilidad de los recursos naturales y a las condiciones meteorológicas, lo que dificulta un estricto control de calidad y expone el producto a los enemigos invisibles que pueden causar enfermedades alimenticias e inclusive brotes epidemiológicos(Avendaño, B., 2002).

Muchas tecnologías de conservación de alimentos, algunas en uso desde hace mucho tiempo, protegen las frutas de la alteración por microorganismos. Así tenemos que los microorganismos pueden ser inhibidos por refrigeración, reducción de la actividad de agua, utilización de radiación UV-C germicida, entre otros.

Históricamente, técnicas microbiológicas determinaron que los microorganismos tienen la máxima absorción de radiación UV a 260 nm; y basado en este conocimiento, se construyó en Suiza, a principios de siglo (1910), el primer prototipo de lámpara de radiación ultravioleta que resultó eficaz para la destrucción de microorganismos tales como: bacterias, levaduras y mohos. A partir de los años 40 se perfeccionó la fabricación de las lámparas y en 1955 se obtuvieron las primeras construidas en cuarzo y con longitudes de onda de 254 nm, las cuales resultaron realmente

efectivas. Las aplicaciones que se realizaron fueron para el agua y verduras. (Carrillo, Cristian., 2001).

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 fresas con la finalidad de obtener frutas de mejor calidad aptas para el consumo, así como también prolongar la vida útil de las frutas, permitiendo así a los agricultores tener más tiempo para su comercialización.

La tecnología generada tendrá un efecto positivo en los agricultores que cultivan fresas en la Provincia del Tungurahua y en el país; porque se lograría tener un tiempo de vida útil más prolongada y su vez el consumidor estará garantizada su salud al consumir fresas 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 unirse para aprovechar y comercializar la fresa 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.

Finalmente, los agricultores tendrán menos perdida poscosecha de fresas, más tiempo para su comercialización y podrían alcanzar mercados más distantes, como por ejemplo vender desde Tungurahua a varias provincias del país.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General

- Estudiar el efecto de la aplicación del tratamiento UV-C en la calidad y vida útil de fresas listas para consumir, envasadas y conservadas en refrigeración; con el propósito de aumentar el tiempo de conservación y la inocuidad de la fruta, en beneficio directo para los consumidores y los agricultores que lo producen.

1.4.2. Específicos

- Evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fresas en estado fresco.
- Establecer el efecto de la aplicación de tratamientos UV-C en los parámetros físico químicos de la fresa.
- Determinar la vida útil de las fresas en el mejor tratamiento de la aplicación de UV-C, envasados y almacenados en refrigeración.
- Realizar un estudio económico de la tecnología obtenida.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La pérdida de la calidad que algunas veces se produce en las frutas 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 (FDA, 1991).

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 alos tratamientos UV-C está determinada principalmente por su habilidad para reparar el ADN dañado.

En general la resistencia a la irradiación UV-C está en el orden: Gram-negativos < Gram-positivos< levaduras < esporas bacterianas <hongos < virus(González, C., 2001).

La irradiación ultravioleta UV-C es una tecnología alternativa a la esterilización química utilizada para reducir el crecimiento de microorganismos en alimentos. En el cuadro 3, se indica las dosis mínima y máxima de inactivación de algunos microorganismos.

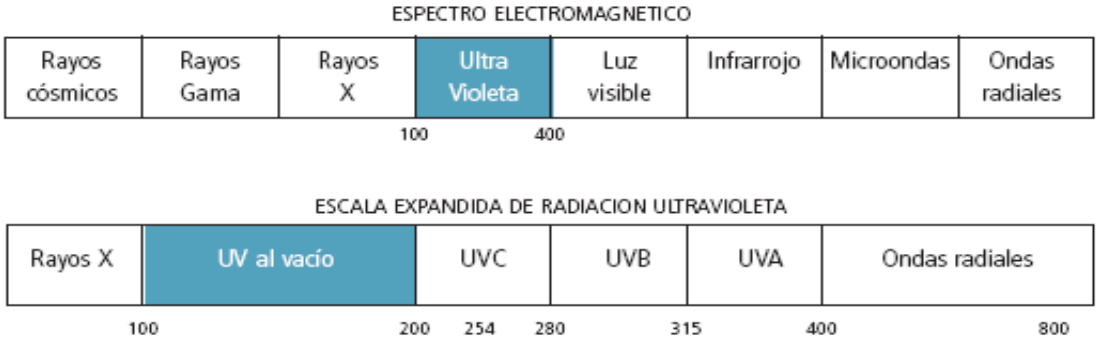
Cuadro.3. Dosis mínimas requeridas para inhibir en 100% a diferentes microorganismos

Microorganismo	**Dosis mínima (10^3 kgf s^{-2})**	**Intervalo germicida Dosis máxima (10^3 kgf s^{-2})**
Alga	0,220	4,200
Bacteria (vegetativa)	0,025	0,264
Bacterias (esporas)	0,220	0,462
Hongos	0,110	3,300
Virus	0,045	4,400
Levaduras	0,066	0,176

Guerrero B. y Barbosa G. 2004

La luz ultravioleta es una radiación no ionizante con una longitud de onda de 100 a 400 nm; se clasifica en tres tipos: UV-A (315-400 nm), UV-B (280 – 315 nm) y UV-C (200 – 280 nm). La irradiación UV-C tiene su máximo pico de emisión a 254 nm, ver Gráfico 2,se ha comprobado que en está longitud de onda es donde presenta su mayor acción germicida, por lo que ha sido ampliamente estudiada en varios tejidos vegetales (Rivera, 2007).

Grafico2. Espectro electromagnético



La radiación UV es hoy una alternativa establecida y de creciente popularidad al uso de químicos para la desinfección de agua, agua residual y de aguas industriales de varias calidades. La aplicación práctica de radiación UV-C comenzó sin embargo a partir del desarrollo de la lámpara de vapor de mercurio como fuente de radiación UV artificial en el año 1901 y el reconocimiento del cuarzo como la envoltura ideal de la lámpara en el año 1905 (López-Malo A. y Palou E., 2005).

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La presente investigación se basa en el paradigma positivista que según **Reichart y CooK (1986),** este paradigma tiene como escenario de investigación el laboratorio a través de un diseño preestructurado 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.

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 * 10^3 kgf s^{-2}.

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, este 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 de mango y duraznos, causando una reducción de los síntomas de daño por frío y el deterioro de los frutos. Actualmente el contenido de antioxidantes es considerado un parámetro importante de la calidad de frutas y hortalizas, siendo de gran interés evaluar los cambios en el estado de éstos después de aplicar nuevas tecnologías emergentes de conservación como tratamientos con UV-C (Mercier, 1993).

Recientemente, se ha incrementado el interés por la aplicación de la radiación UVC en zumos de vegetales y frutas, por ser un proceso no térmico capaz de preservar las características del producto fresco y alargar su vida útil. Actualmente, se están comercializando en EE.UU., cuatro jugos de frutas tratados con radiación UV-C de zanahoria, zanahoria orgánica y dos mezclas de frutas. El éxito de esta técnica ha llevado a expandir su aplicación a otras bebidas como el té, de gran popularidad en el sur de EE.UU. (Fonseca y Rushing., 2006).

En la industria alimentaria, se ha estudiado la posibilidad de pasteurizar la leche con radiación UV-C. De hecho se ha demostrado que esta técnica es capaz de reducir significativamente los niveles de *Listeria monocytogenes* en la leche de cabra y de vaca. Pero debido al alto

contenido en grasas de este producto, la radiación UV-C cataliza reacciones de oxidación de los lípidos y rancidez, de forma que altera su composición química y sus propiedades organolépticas características (aroma y flavor). También se ha investigado el uso de la radiación ultravioleta para pasteurizar el huevo líquido como alternativa al calor, el cual afecta a sus propiedades de coagulación y emulsión. Esta técnica es capaz de reducir de forma importante los niveles de distintas cepas de *Salmonella* y *E. coli* O157:H7 sin perjuicio de sus propiedades funcionales. La radiación UV combinada con un tratamiento térmico suave, podría ser suficientes para la pasteurización del huevo líquido entero manteniéndose sus propiedades.

2.2.1. Aspectos botánicos y cultivos de la fresa

2.2.2. Descripción

La fresa tiene gran número de especies, por ejemplo antes del descubrimiento de América, en Europa se cultivaban principalmente las especies *Fragaria vesca Fragaria alpina,* de tamaño pequeño, pero de excelente calidad organoléptica.

La planta fresa es pequeña, de no más de 50 cm de altura, con numerosas hojas trilobuladas de pecíolos largos, que se originan en una corona o rizoma muy corto, que se encuentra a nivel del suelo y constituye la base de crecimiento de la planta; en ella se encuentran tres tipos de yemas; unas originan los tallos, que crecen junto al tallo principal, otras los estolones, que en contacto con el suelo emiten raíces y forman nuevas plantas, el tercer tipo de yemas forman los racimos florales cuyas flores son hermafroditas y se agrupan en racimos

El fruto, que conocemos como "fresa", es en realidad un engrosamiento del receptáculo floral, siendo los puntitos que hay sobre ella los auténticos frutos, aquenios de alrededor de 1 mm de diámetro. Es un

eterio de color rojo, dulce y aromático, que concentra los nutrientes del tallo floral, que se decolora y adelgaza a medida que el eterio aumenta de tamaño. (Ortiz, 2003).

En comparación con el resto de frutas, la fresa contiene una cantidad moderada de hidratos de carbono y un valor calórico bajo. Destaca su aporte de vitamina C, sustancias de acción antioxidante y un alto contenido de ácidos orgánicos, entre ellos cítrico (de acción desinfectante), málico, oxálico y salicílico(de acción anticoagulante y antiinflamatoria). También es rica en minerales como potasio y magnesio. Su contenido en fibra es moderado. Presenta pigmentos, aceite esencial, vitamina C, taninos y flavonoides (Almenar, E., 2005). En el cuadro 4se resume la composición básica de la fresa.

Cuadro 4. Composición de la fresa por 100 g de porción comestible

Agua	80-90%	**Tiamina**	0.03mg
H. de carbono	5-10%	**Riboflavina**	0.03mg
Proteína	0.9-0.9%	**Niacina**	0.6mg
Grasa	0.1-0.4	**Hierro**	1mg
Ceniza	1-3%	**Sodio**	1mg
Vitamina A	60UI	**Potasio**	164mg
Vitamina C	20-70mg	**Calcio**	21mg
Nº de calorías	37	**Fosforo**	21mg

Fuente: Folquer: 1986

Respecto a sus propiedades nutritivas, 200 g de fresa cubren la sexta parte de las necesidades de ácido fólico, el doble de las necesarias de vitamina C y el valor añadido de aportar solo 70 calorías. Dada su riqueza en antioxidantes, ácido fólico, potasio y salicilatos, está especialmente recomendada en dietas de prevención de riesgo cardiovascular y de enfermedades degenerativas y cáncer (www.vivirnatural.com).

2.2.3. Clasificación científica

Reino:	*Plantae*
División:	*Magnoliophyta*
Clase:	*Magnoliopsida*
Orden:	*Rosales*
Familia:	*Rosaceae*
Subfamilia:	*Rosoideae*
Tribu:	*Potentilleae*
Subtribu:	*Fragariinae*
Género:	*Fragaria*
Especie:	*F. vesca*

Nombre binomial:

Fragaria vesca

Subespecies:

- *F. v. subsp. americana*
- *F. v. subsp. bracteata*
  - *F. v. subsp. b. f. albida*
  - *F. v. subsp. b. f. bracteata*
  - *F. v. subsp. b. f. helleri*
- *F. v. subsp. californica*
- *F. v. subsp. vesca*

- *F. v. subsp. v. f. alba*
- *F. v. subsp. v. f. roseiflora*
- *F. v. subsp. v. f. semperflorens*

2.2.4. Tratamientos UV-C

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. (González, y Aguilar., 2004).

2.2.5. Parámetros de calidad de la fresa

La fresa, como cualquier fruto, continúa con un metabolismo activo tras su recolección. Por tratarse de un producto muy perecedero, su calidad y vida útil pueden verse mejoradas por control de los procesos de deterioro e inactivación de procesos fisiológicos, tanto del propio fruto como de los patógenos que pueda contener. Factores tanto intrínsecos como extrínsecos influyen en la extensión de su vida útil. De entre los intrínsecos, la tasa de respiración es el más importante, influenciada por circunstancias como tipo, tamaño, variedad, condiciones de crecimiento, estado de madurez, composición atmosférica y temperatura. Por otro lado, dentro de los extrínsecos se encuentran la temperatura de almacenamiento, la humedad relativa, la carga microbiana inicial, el equipo y material polimérico de

envasado, el volumen y área del envase y la luz(Avendaño, B. y Schwentesius S., 2002).

2.2.5.1. Producción de etileno

Las fresas producen bajas cantidades de etileno (<0,1 µL/kg·h a 20 ºC). Como fruto no climatérico, no responde a la estimulación del etileno (hormona del crecimiento) durante su maduración.

2.2.5.2. Pérdida de peso

La fresa presenta una elevada tasa de transpiración, produciendo 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.

En la mayoría de los frutos, pérdidas del 3-5% del peso inicial en forma de agua transpirada son suficientes para promover un aspecto arrugado, perdiendo su apariencia externa inicial. Problema todavía más notable en el caso de las fresas, pues debido a su fina piel, no poseen una buena barrera exterior conque retener el agua (Olías, 1996). La pérdida de este parámetro de calidad implica en la fresa un mayor encogimiento y una disminución de su brillo, siendo por ello la máxima pérdida de peso aconsejable para este fruto durante su comercialización del 6% (Robinson, 1975).

2.2.5.3. Color

El color es uno de los parámetros de calidad que más información proporciona sobre la evolución de las fresas, siendo detectable mediante colorimetría (color externo) y espectrofotometría visible (color total).El color externo se mide con los parámetros colorimétricos a*, b*, chroma y ángulo hue, y el color total con la concentración de antocianos, determinados como

glucósido 3-pelargonidina, por ser el mayoritario de la fresa, constituyendo el 88% de los antocianos de la parte externa y el 96% de la interna. (www.amsda.com.mx).

2.2.5.4. Sólidos solubles

Los sólidos solubles son el conjunto de determinados azúcares (glucosa fructosa y sacarosa), ácidos orgánicos (ácido málico, ácido cítrico y ácido succínico), compuestos fenólicos, antocianos, etc., cuyas proporciones dependen dela variedad estudiada. Las fresas, tras su recolección, como continúan con sus reacciones metabólicas básicas, entre ellas la respiración, utilizan como sustrato los azúcares resultantes de la hidrólisis de la sacarosa, disminuyendo con ello los sólidos solubles del fruto, proceso que resulta activo durante todo el periodo de post recolección.

La disminución en el tiempo de este parámetro depende de los distintos factores relacionados con su conservación, siendo la temperatura y las características del material de envasado los principales. La aceleración de la respiración, es decir, la disminución de los sólidos solubles, se produce en presencia de atmósferas ricas en oxígeno del fruto.

2.2.5.5. Aroma

El aroma junto con azúcares, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y metabolitos fermentativos conforman el “flavor” o percepción sensorial de las fresas (Pelayo, 2003), siendo su balance el responsable del atributo “frescor” que caracteriza a estos frutos. El aroma depende de muchos factores y presenta grandes cambios tras la recolección del fruto, siendo uno de los parámetros clave en la aceptación o rechazo de las fresas por parte del consumidor. La pérdida de este deseado aroma o el desarrollo de no deseables compuestos fermentativos reduce su calidad y aceptabilidad.

Los compuestos volátiles que forman el aroma de la fresa solo su componente 0,001% y 0,01% del peso en fresco del propio fruto, por tanto, estos compuestos tienen un mayor efecto cualitativo que cuantitativo (Fernández, M. 2000)

2.2.6. Generalidades de calidad y postcosecha de fresas

2.2.6.1. Cosecha

Las fresas deben cosecharse como mínimo cuando presentan más de un 50% de su superficie color rojo (Sagpya, 1998). No obstante los azúcares continúan acumulándose hasta el final de la maduración, por lo que la cosecha temprana disminuye la calidad organoléptica. Las fresas deben ser cosechadas con el mayor cuidado para poder llegar al mercado en buenas condiciones. En los meses calurosos, es deseable cosechar en las horas más frescas del día. Usualmente la cosecha tiene lugar cada dos días durante el período que corresponde al pico de producción, pero muchas veces se hace necesario efectuar una recolección diaria. Los frutos cosechados deben colocarse delicadamente en el recipiente de recolección, separando aquellos defectuosos o fuera de tipo.

2.2.6.2. Parámetros de calidad

Los parámetros a tener en cuenta incluyen la apariencia (color, forma, tamaño, ausencia de defectos), firmeza, sabor (sólidos solubles, acidez, aroma), y valor nutricional (vitamina C). Se recomiendan niveles de sólidos solubles de 7% y de acidez de 0,8%. El cáliz debe presentarse verde y turgente (Ariel,2004).

2.2.6.3. Recomendaciones generales de manejo postcosecha

La fresa presenta una elevada tasa respiratoria. Por este motivo se recomienda su almacenamiento a 0-3ºC y un 90-95% de humedad relativa

(Mitcham, 1996). Bajo estas condiciones su vida de postcosecha es de aproximadamente 3-5 días.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La investigación se puede respaldar con algunas normativas, entre ellas, la normativa del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN 0411: 1979) para Conservas vegetales, Fresas – Requisitos.

Norma Códex para las fresas en conserva**;** CODEX STAN 62-1981 (Anexos).

Norma del Códex para las fresas congeladas rápidamente; CODEX STAN 52-1981 (Anexos).

Determinación de azúcares reductores, método 923.09 AOAC Official Method, Invert Sugar in Sugars and Syrups, Lane-Eynon General Volumetric Method, First Action 1923.

Determinaciòn de vitamina C, método 967.21 AOAC Official Method, Ascorbic Acid in Vitamin Preparations and Juices, 2,6-Dichloroindophenol Titrimetric Method, First Action 1967, Final Action 1968.

Determinaciòn de Sólidos solubles (ºBrix), método 932.12 AOAC Official Method Solids (Soluble) in Fruits and Fruit Products, Refractometer Method, First Action 1932, Final Action 1980**.**

Determinación de Acidez titulable, método 942.15 AOAC Official Method Acidity (Titratable) of Fruit Products, First Action 1942.

Determinación de antocianos propuesto por:

- Ott, D.B. Experimento: pigmentos vegetales. Manual de laboratorio de ciencias de los alimentos, Acribia, España (1992).
- Ranganna, S., Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products, 2a Ed McGraw Hill Publishing Co. New Dehli (1986).
- Sanz, C.; Pérez, A.G.; Olías, J.M. (1999): Quality of strawberry packed with perforated PP. *Journal of Food Science*, 748-752.

Determinación de Humedad en una balanza de humedad KERN MLS 50.

Determinación de la Firmeza con un penetrómetro POCKET Penetrometer operation.

Determinación de la infección fúngica(ataque de patógenos) propuesta por Ariel, 2004.

Determinación de recuento total de bacterias. Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN 0411: 1979.

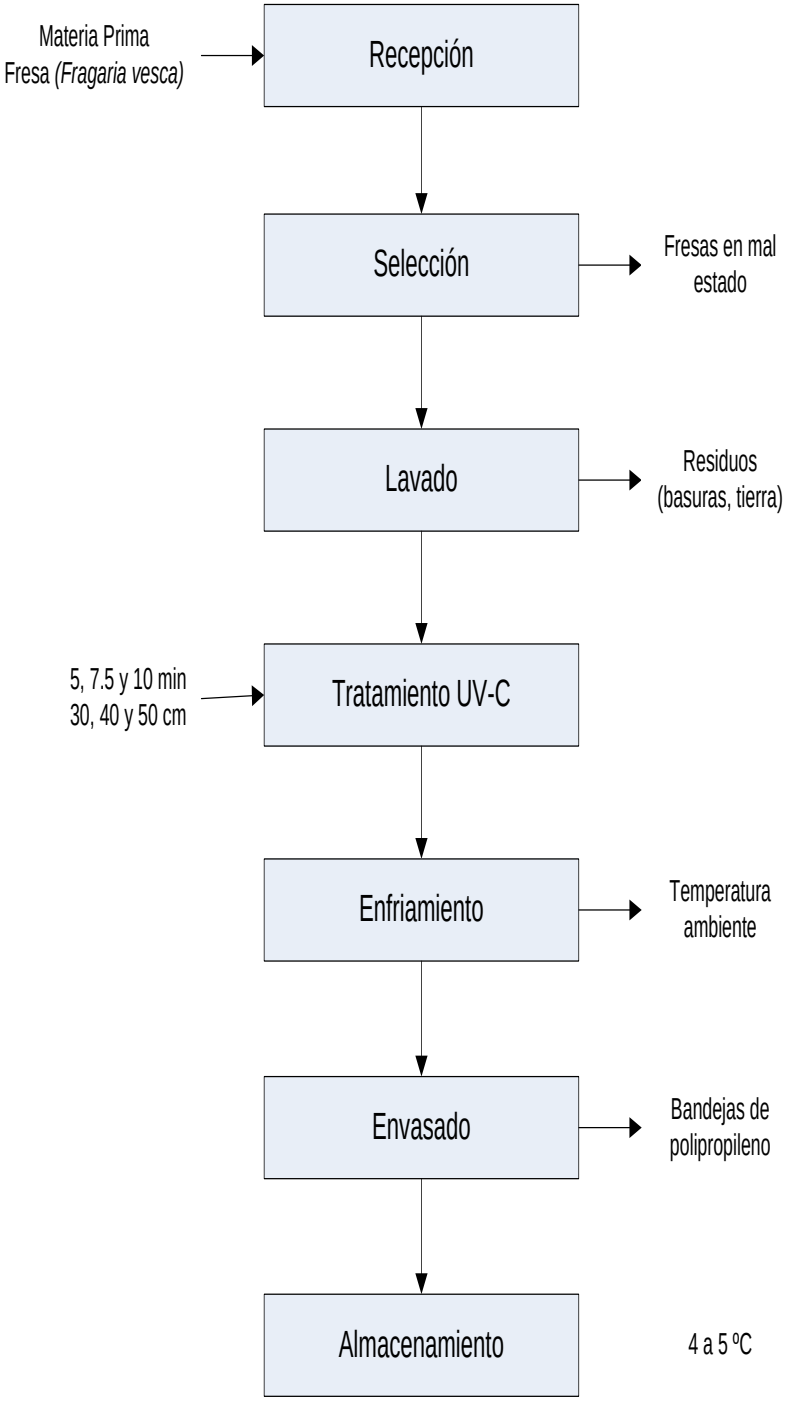
Determinación de recuento de hongos y levaduras INEN 1093–1984 – 04.

Determinación de coliformes totalesINEN529-7- 1990-02.

2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

La fresa es una fruta no tradicional 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 Gráfico3, se detalla la descripción del proceso del tratamiento con UV-C de fresas, cumpliendo con los requisitos higiénicos y sanitarios correspondientes, para obtener un producto inocuo de excelente calidad.

Gráfico 3. Diagrama de flujo del tratamientoUV-C de la Fresa (*Fragaria vesca*)



Elaborado por: Ángel Javier Beltrán A .

2.4.1. Descripción del proceso

1. Recepción.- Se recepta fresa de buena calidad, especialmente que provenga de los mismos agricultores y productores de la fruta para así evitar maltratos de la fruta por la deficiente manipulación en los mercados.

2. Selección.- El propósito que se persigue en estas operaciones separar las fresas que se encuentren golpeadas, manchadas o que estén en mal estado y puedan contaminar al resto de fruta.

3. Lavado.- Con esta operación se trata de disminuir la cantidad de microorganismos, basuras y otros residuos extraños que contenga la fruta. Después de este proceso se realizan los análisis físicos para la caracterización de la fruta.

4. Tratamiento UVC.- Este es el principal objetivo de la investigación, ya que se pretende prolongar la vida útil, eliminando microorganismos propios presentes en la fresa. El proceso se lo realiza, con una combinación de distancias y tiempos de exposición a la radiación UV-C: 30, 40, 50 cm;5 , 7. 5, 10 minutos, respectivamente. El equipo que se utiliza para esta etapa fue diseñado por el tesista, el cual 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 echas de mercurio de 40 cm y de 15 W de potencia; tiene tres bandejas de 60*30 cm ubicadas a la distancias de 30, 40, 50cm de las lámparas UV-C. Para el tratamiento UV-C se coloca 1 kg de fresas sin pedúnculos y lavadas.

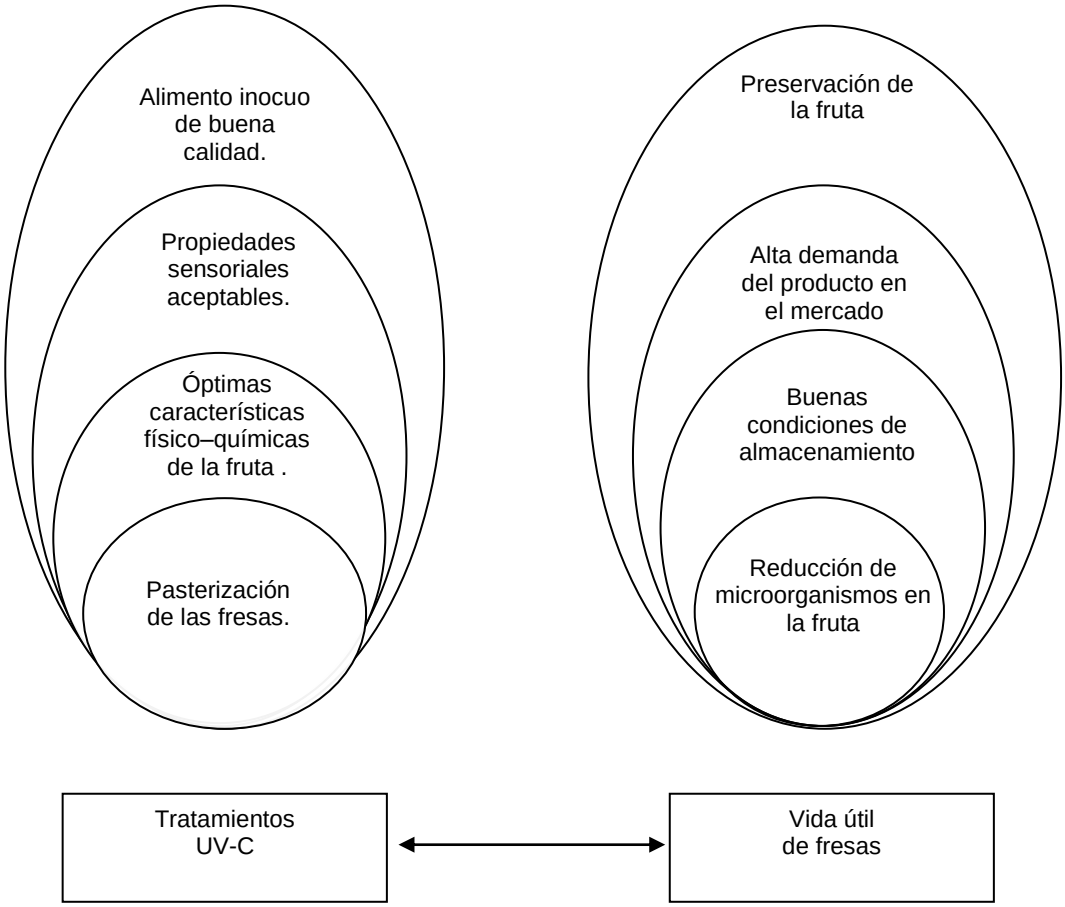
5. Enfriamiento.- Una vez que la fruta fue tratada, se la deja enfriar a temperatura ambiente, esto se hace con el propósito de no dañar al producto, ya que si se lo manipula a temperaturas superiores se podría causar daños en la corteza del fruto.

6. Envasado.- Se envasa la fresa en bandejas de polipropileno para su posterior almacenamiento en refrigeración. Este tipo de envases actualmente se está utilizando para la comercialización de las fresas en los supermercados.

7. Almacenamiento.- Se lo realiza en una cámara de refrigeración a una temperatura entre 4 y 5ºC. Según investigaciones realizadas se ha comprobado que a estas temperaturas la mayor parte de los microorganismos disminuyen su actividad metabólica.

2.4.2. GRAFICOS DE INCLUSIÓN INTERRELACIONADOS

Grafico 4. Red de inclusión



2.5.- HIPÓTESIS

Hipótesis nula

Ho: Los tratamientos con radiación ultravioleta de onda corta (UV-C) aplicados a las fresas producen igual efecto en la calidad de la vida útil durante la poscosecha de la fresa.

$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = --------- T_X$$

Hipótesis alternativa

H1:Por lo menos un tratamiento con radiación ultravioleta de onda corta (UV-C) produce un efecto distinto en la calidad de la vida útil durante la poscosecha de la fresa.

$$T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4 \neq --------- T_X$$

2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

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

Variable dependiente: Vida útil de la fresa mediante reducción de microorganismos.

CAPÌTULO III

METODOLOGÍA

ENFOQUE

La propuesta básica de la presente investigación es lograr encontrar un tratamiento efectivo de conservación de la fresa (*Fragaria vesca)*para alargar el tiempo de vida útil; esto se lo realiza medianterevisiones bibliográficas y experimentales que son analizados estadísticamente. Por tanto, es un trabajo cualitativo como cuantitativo.

Los datos obtenidos en este estudio se interpretan mediante análisis estadísticos que son procesados en el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS. Este programa permite realizar cálculos complejos y presenta Gráficos para un mejor análisis. El mismo programa realizó el análisis de regresión avanzada, permitiendo ver el grado de distribución de los datos, análisis de hipótesis nula y alternativa, puede analizar hasta 300 datos en hojas de cálculo e imprimir tanto los datos como resultados. Entonces STATGRAPHICS PLUS permite conocer el o los tratamientos que tienen mayor aceptabilidad, logrando así seleccionar una tecnología adecuada para obtener frutas de calidad y con buenas características organolépticas.

3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación sigue dos modalidades conjuntamente como es la bibliográfica-documental y experimental. Se destinan estas modalidades debido a la recopilación de información que se efectúa en documentos como tesis de grado, trabajos de investigación, revistas científicas, periódicos, publicaciones en Internet, entre otros; por lo tanto se entiende que lo mencionado anteriormente sostendrá el tema de estudio.

Es importante considerar la modalidad experimental, debido a que se realiza ensayos en sitios apropiados como laboratorios, donde se efectúa análisis de cada tratamiento, para obtener resultados finales que arrojen conclusiones coherentes con los objetivos e hipótesis propuestos.

Es así como en el presente trabajo investigativo se propone un diseño experimental que relaciona las variables dependiente e independiente. Dicho diseño se lo lleva a cabo en el laboratorio de la UOITA, perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos .A través de técnicas e instrumentos estadísticos se procede al procesamiento de los datos para llegar a obtener resultados interpretables.

3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la ejecución del proyecto se utilizan 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 conservación de fresas por medio de un tratamiento sofisticado (radiación U-VC), y mantener las propiedades de las mismas y alargar el tiempo de vida útil.

Investigación Explicativa: Este tipo de investigación permite un análisis profundo de las causas del problema en donde se puede identificar las posibles soluciones e implementar estrategias necesarias.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La presente investigación esta basado en las necesidades de aquellas personas productoras de fresas que tienen problemas de contaminación microbiana en la fruta, por lo tanto se considera como población las fresas cultivadas por diferentes fruticultores del cantón Cevallos de la Provincia de Tungurahua.

3.3.2. Muestra

Se trabaja con fresas de la variedad:

- *Fragaria vesca variedad: Diamante*

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Los datos que se obtienen de esta investigación hacen posible obtener resultados confiables que permiten establecer el mejor tratamiento para conservar la fresa, para así aumentar la disponibilidad de la fruta por largos períodos y mantener un producto de calidad y precio adecuado para el consumidor final.

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: *Tratamientos UV-C*

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
Tratamientos UV-C Se conceptúa como: 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 en el ámbito doméstico o en el industrial puede provocar efectos contrarios a los deseados.	Tipo de tratamiento UV-C Distancia y tiempo de exposición de la fruta a la radiación UV-C	Reducciòn del número de microorganismos presentes en las fresas a_0 = 30cm a_1 = 40cm a_2 = 50cm b_0=5min b_1=7,5min b_2= 10min	¿Dan mejores resultados al combinarlos? ¿Qué combinación de tratamiento UV-C es el mejor? ¿Sufren cambios las fresas al aplicar el tratamiento UV-C ?	Visual Balanza Penetrómetro Método 923.09 AOAC Método 967.21 AOAC Método Lane Eynon

Elaborado por: Ángel Javier Beltrán.

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE: *Vida útil de fresas*

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
Conservación de Fresas (*Fragaria vesca)* Se conceptúa como: Prolongar la conservación de la fresa por el control de procesos de deterioro o inactivación de procesos fisiológicos, tanto del propio fruto como de los microorganismos que pueda contener.	Fruta (Fresas)	-Determinación de azúcares reductores -Determinaciòn de humedad -Determinación de vitamina C -Determinaciónde acidez -Determinación de antocianos -Análisis microbiológico *-Recuento total de bacterias* *-Recuento de Hongos y levaduras* *-Recuento de coliformes totales* -Análisis sensorial en el mejor tratamiento comparado con las fresas sin tratar	¿La cantidad de azúcares reductores variará después del tratamiento UV-C ? ¿La humedad será un factor determinante en la conservación de las fresas? ¿El tratamiento UV-C afectará el contenido de ácido ascórbico en la fruta? ¿Existirá un incremento o decremento en la acidez de la fresa? ¿Después del tratamiento UV-C la coloración cambiará? ¿Tiene influencia el tratamiento UV-C en la calidad sensorial de las fresas?	Método 923.09 AOAC Método propuesto por Eva Almenar Rosaleny (2005) Método 967.21 AOAC Método propuesto por Ott, Ranganna y Sanz Hojas guías de microbiología de los alimentos Hoja de análisis sensorial del producto

Elaborado por : Ángel Javier Beltrán

3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Todas las actividades planteadas para la recolección de información fueron ejecutadas por el investigador, que involucraron las siguientes técnicas

- Observación
- Experimentación en laboratorio

Las observaciones para la investigación planteada se realizaron en el lugar de los hechos y durante la fase experimental, donde se obtuvieron datos para la solución del problema.

El diseño experimental que se utilizó es un factorial A * B, con tres replicas. Los factores y niveles de estudio fueron:

Factores o Variables de estudio	Niveles
A. Distancias de las lámparas UV-C a la fruta	
	a_0= 30cm
	a_1= 40cm
	a_2= 50cm
B. Tiempo de exposición de las fresas a la radiación (U-VC)	
	b_0 = 5min
	b_1 = 7,5min
	b_2= 10min

Dado que los tratamientos experimentales son la combinación de los niveles indicados, es claro que en cada una de las réplicas del experimento se ejecutaron aleatoriamente nueve tratamientos.

Luego del tratamiento con UV-C, las fresas fueron llevadas a un análisis físico-químico y microbiológico. Luego se analizaron los resultados en forma estadística para determinar el mejor tratamiento. Las fresas sin ningún tratamiento se utilizaron como control y las fresas provenientes del mejor tratamiento fueron envasadas en recipientes plásticos y almacenadas en

refrigeración para estimar su vida útil. Cada determinado tiempo se tomaron muestras de las fresas almacenadas y se realizó un análisis físico-químico y microbiológico.

Evaluación físico-química y microbiológica de las frutas sin y con tratamiento y almacenadas en refrigeración.

- La humedad se determinó por la técnica de secado rápido en una balanza de Determinación de humedad KERNMLS 50 – 3.

- Los azúcares reductores se determinaron por el método de Lane y Eynon.(AOAC, “Methods of Analysis ”, 1980).

- Vitamina C fue determinada por el método volumétrico, en el cual la vitamina C decolora el indofenol (2,6 dicloro fenol indofenol) y la cantidad decolorada es proporcional a la cantidad de vitamina C en el alimento. Los resultados se expresaron en mg/100g de muestra. (AOAC,“Methods of Analysis ”, 1980).

- Los sólidos solubles (ºBrix) se midieron utilizando un refractómetro.

- La acidez (%ácido cítrico) se determinó por titulación del sobrenadante valorado con Hidróxido de sodio 0.1N.(Almenar, E., 2005).

- La firmeza (kg/cm2) se determinó con un penetrómetro manual.

- El pH de la fruta se determinó mediante un pHmetro OAKLON.

- La infección fúngica en las fresas se determinó mediante la cantidad de frutos dañados después de 5 días de almacenamiento al ambiente, previamente dados sus tratamientos respectivos.

- La calidad microbiológica se evaluó por medio de un recuento total, hongos, levaduras, y coliformes totales, utilizando cajas Petri y siembras por profundidad, utilizando las normas INEN 1529-7, INEN 1529-5 e INEN1529-10.

- La cuantificación de la concentración de antocianos corresponde a la medida del color total de la fresa. Las fresas se manejan siguiendo un protocolo de análisis para la obtención de antocianos totales basado en el método de Sanz (1999), reportado por Almenar, E.(2005).

Metodología de cálculo de tiempo de vida útil

El cálculo del tiempo de vida se efectuó mediante el contenido microbiano en las fresas obtenidas de los mejores tratamientos, y teniendo en cuenta la cinética que se obtienen de los resultados, así tenemos por ejemplo la cinética de primer orden:

$$\ln C = \ln Co + kt$$

Donde:

C = parámetro escogido como límite de tiempo de vida útil
Co = concentración inicial
t = tiempo de reacción
k = constante de velocidad de reacción

3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez obtenidos los datos en Tablas de control, se procedió a tabular la información útil en el paquete informático Excel, para seguidamente procesar los mismos mediante las herramientas del mismo programa. Los resultados se expresaron mediante Tablas de datos y gráficas de dispersión.

Para comprobar la hipótesis de igualdad de efectos de los tratamientos experimentales, se utilizó la Tabla de análisis de varianza generada en los paquetes informáticos Excel y 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 el paquete informático Microsoft Word 2007.

CAPITULO IV
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

Los resultados de las distintas determinaciones realizadas en el laboratorio se presentan en el anexo A. Allí se podrán apreciar datos de infección fúngica, valores de vitamina C, recuento total, recuento de mohos y levaduras, que sustentan las apreciaciones técnicas descritas en la presente sección.

4.2. Discusión

4.2.1 Infección fúngica

La pérdida de la calidad que algunas veces se produce en las fresas 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(FDA, 1998).

La fresa es infectada por *Botrytis cinerea* en el campo, permaneciendo en estado latente (esclerótido) hasta alcanzar las condiciones atmosféricas adecuadas para generar esporas (conidios). Estas esporas se diseminan en los periodos de lluvia, depositándose en distintas partes de la planta. Inicialmente se ponen de manifiesto a nivel de la flor, localizándose en la base del receptáculo en estado de quiescencia, pero con la maduración del fruto se

vuelven visibles coincidiendo con el periodo de postcosecha. Finalmente, cuando las condiciones son las adecuadas, crece rápidamente destruyendo totalmente a la fresa.

B. cinerea es un hongo haploide, filamentoso y heterotálico que ataca a una gran variedad de especies vegetales de zona templada. La enfermedad causada, la podredumbre gris, implica importantes pérdidas económicas. Debido a su amplio espectro de acción y efectos destructivos este hongo es objeto de investigaciones en diversos campos (Hoogerwert, R., 2002).

Nigro, 1998 ha hecho énfasis en el uso de tratamientos de UV-C debido al aumento de compuestos bioactivos y anti fúngicos en frutas, el tratamiento de UV-C produjo un claro efecto protector contra *Botrytis cinerea*, el cual se atribuyó a la inducción de las enzimas PAL y peroxidasa (EC.1.1.1.7), y a la inducción de fitoalexinas, principalmente al compuesto retroveral (3,5,4' trihidroxiestilbeno).

Para la determinación de la infección fúngica en las fresas sin tratamiento y las irradiadas con radiación UV-C en los diferentes tratamientos, se colocaron 10 fresas en un envase plástico de polipropileno PP y fueron almacenadas a temperatura ambiente durante 5 días. Transcurrido los 3 días en las fresas sin tratar se observó el crecimiento de hongos filamentosos en la superficie de la fruta y a los 5 días cubrieron totalmente la superficie de la misma. Las fresas tratadas con UV-C comenzaron a infectarse a partir del quinto día, es decir que aumentó dos día más en su conservación al ambiente.

Para analizar la influencia de la radiación UV-C en las fresas se expreso la infección fúngica, relacionando el número de fresas infectadas dividida para 10 fresas, estos valores se presenta en la Tabla A1 y en el Gráfico 1. Los tratamientos a_0b_1 (30cm; 7,5min) y a_1b_1 (40 cm; 7,5 min) fueron los mejores tratamientos con valores de 0,33 y 0,37, respectivamente, ya que las fresas presentan menor contaminación de hongos filamentosos visibles a simple vista en la corteza de la fruta. En consecuencia podemos decir que a la distancia de 30 cm y 40 cm son las más adecuadas para colocar la fruta con respecto a las

lámparas UV-C para la irradiación y que el tiempo de 7,5 minutos es el más conveniente para el efecto deseado.

En el Gráfico 5, se observa que las distancia de 30 y 40 cm presentan proporcionalidad con respecto a la infección fúngica, mientras que el tiempo de 7,5 minutos que la fresa está en contacto con la radiación UV-C, mejor actúa eliminando los hongos filamentosos, apareciendo menos infección fúngica.

En la Tabla B1, se indica el análisis de varianza de los factores A y B, dando como resultado ningún efecto significativo en la fracción de infección fúngica de los hongos presentes en las fresas, por lo que se concluye que el factor A (distancia de las lámparas UV-C a las fresas) y el factor B (tiempo de exposición de radiación) no existe diferencia significativa (α=0,05), ni tampoco existe interacción.

4.2.2. Bacterias

Según González y Aguilar, (2001), las bacterias patógenas no pueden proliferar en las frutas debido a su bajo pH pero pueden sobrevivir durante un tiempo suficiente para causar enfermedad. Algunas enfermedades ocasionales causadas por patógenos o toxinas bacterianas en frutas son: *salmonellosis, hepatitis A, botulismo infantil, listeriosis, Xanthomas fragariae,* mismas que han sido atribuidas en su mayor parte a la contaminación producida por la exposición a desechos animales o humanos o a agua de irrigación contaminada. 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 en frutos causando una reducción de los síntomas de deterioro por microorganismos.

En la Tabla A2 y Gráfico 6, se expresa el recuento total de bacterias mesófilas, expresados en UFC/g de fresa. Se puede observar que los

tratamientos que tienen menor contenido de bacterias son: a_1b_0 (40cm; 5min) y el a_1b_1 (40cm; 7,5min) que tienen $1.4x10^2$ UFC/g de fresa y $1.9x10^2$ UFC/g de fresa, respectivamente. Por consiguiente, a esta distancia de 40 cm de la lámpara UV-C con respecto a la fresa que se está irradiando es la que mejor efecto produce en la disminución microbiana. Esto se debe que la radiación UV-C causa un daño en el ADN de los microorganismos, generando así mutaciones que bloquean la replicación celular provocando la muerte microbiana.

Las bacterias presentes en la fruta se ven afectadas considerablemente, ya que al comparar el contenido de bacterias mesófilas en las fresas sin tratamiento ($2.5x10^3$ UFC/g fresa), dicho contenido disminuye en un 92% por efecto de la radiación. Consecuentemente se comprueba que los tratamientos con UV-C reducen las cargas microbianas presentes en las frutas.

En el Gráfico 6 se observa que los tiempos de 5 y 7,5 minutos disminuyen considerablemente la carga microbiana con respecto al de 10 minutos. Considerando de esta manera que la mejor distancia es de 40 cm, seguido de 50 cm y por último 30 cm. Esto se debe a que a esa distancia el efecto bactericida actúa de mejor manera, afectando básicamente a nivel del ácido nucleico de los microorganismos.

En la Tabla B2, se presenta el análisis de varianza del recuento total de bacterias mesófilas, observándose que existe diferencia significativa (α=0,05) para el efecto de la A (distancia) y para el factor C (replicas). La diferencia significativa en replicas puede explicarse a que se trabajó con fresas cosechadas con diferentes grados de madurez. No existe interacción AXB.

En la Tabla B2.1 se observa la prueba de Tukey con respecto al contenido de bacterias en fresas tratadas, en la que se determina que las mejores distancias de las lámparas son de 40 y 50 cm. Existiendo diferencia significativa con la de 30 cm. Por consiguiente considerando el recuento total, el mejor tratamiento es 40 cm y por el tiempo de 7,5 minutos.

4.2.3. Mohos y Levaduras

Como cualquier fruta, la fresa silvestre presenta una microbiota inicial, la cual según su naturaleza y cantidad puede implicar una prolongación mayor o menor de su vida útil. El hongo *Botrytis cinerea* es el más severo de los ataques que presentan las fresas. La mayoría de los frutos recién recolectados son resistentes a contaminaciones fúngicas, pero durante su maduración y poscosecha se vuelven más susceptibles a infecciones. Esto es debido a que *Botrytis* es capaz de mantenerse quiescente en la base del receptáculo, manifestándose en forma de podredumbre cuando el fruto alcanza su madurez**.** (Vali, R.J y Moorman, G.W., 1992)

Las estrategias para el control de enfermedades de postcosecha resultan muy variadas. De todos modos, cualquiera de los métodos utilizados intenta lograr la reducción de la cantidad de inóculo, la reducción de la patogenicidad del organismo causante de la enfermedad, la reducción de la susceptibilidad del fruto y/o el incremento de su resistencia. La aplicación de tratamientos con radiación UV-C permiten retrasar la germinación de esporas fúngicas y con ello reducir la patogenicidad de los microorganismos. (Mitchell y col., 1996).

Considerando que los tratamientos con radiación UV-C reducen significativamente el número de UFC/g de fruta, se realizaron recuentos con la finalidad de determinar si los tratamientos controlaban la incidencia de los mohos y levaduras. En la Tabla A3, se presentan los valores de UFC/g de fresa obtenidos mediante recuentos realizados a fresas tratadas con UV-C para cada tratamiento. En el Gráfico 7, se observa que los tratamientos a_1b_0 (40cm; 5min) tiene $2.2x10^2$ UFC/g de fresa; a_1b_1 (40cm; 7.5min) posee $2.4x10^2$ UFC/g de fresa y a_1b_2(40cm; 10min): $2.2x10^2$ UFC/g de fresa, son los mejores. Estos valores son menores con respecto a las fresas sin tratamiento UV-C, en la que se obtuvo ($9.8x10^2$ UFC/g fresa).

En consecuencia, se puede manifestar que los tratamientos con UV-C reducen el contenido microbiano presentes en las fresas alargando la vida útil de las mismas.

En el análisis estadístico, reportado en la Tabla B3, se observa que no existe diferencia significativa(α=0,05) en el factor A (Distancia de las lámparas UV-C a las fresas), en el factor B (Tiempo de exposición de la radiación), ni tampoco en la interacción AxB.

4.2.4. Coliformes

En el reporte de la TablaA4, se presentan los valores de UFC/g obtenidos de los recuentos realizados a las fresas, para cada uno de los tratamientos con UV-C.

En el Gráfico 8, se observa que los tratamientos a_1b_0 (40cm; 5min) tiene $6.8x10^1$ UFC/g de fresa; a_1b_1 (40cm; 7,5min) posee $5.5x10^1$ UFC/g de fresa y a_1b_2 (40cm; 10min): $5.3x10^1$ UFC/g de fresa. Nótese que las fresas sin tratamiento con $1.6x10^2$ UFC/g de fresa es mayor en el contenido de coliformes con respecto a aquellos tratamientos. En consecuencia, la radiación UV-C reduce la proliferación de coliformes en la fruta,. ya que ataca al acido nucleicos de los microorganismos que forman enlaces covalentes entre ciertas bases adyacentes en el ADN.

El análisis de varianza reportado en la Tabla B4, indica que no existe diferencia significativa (α=0,05) para los efectos principales, es decir para la distancia (factor A) y el tiempo (factor B), ni tampoco para el efecto combinado distancia tiempo, es decir la interacción AXB.

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS FÍSICO - QUÍMICOS

4.3.1. Vitamina C

La determinación de ácido ascórbico es importante no solo desde el punto de vista nutricional, sino también como índice de la eficiencia de la técnica del procesamiento en productos tales como: jugos de frutas, puré y pasta, en los cuales el ácido ascórbico o vitamina C se considera bastante resistente a los procesos térmicos normales de cocción o esterilización y estable durante la conservación de productos elaborados en condiciones técnicas apropiadas (temperaturas reducidas, envases herméticos, etc).

El contenido de ácido ascórbico en frutos blandos y particularmente en la fresa es elevado (500 mg kg-1) aunque los niveles oscilan dependiendo de la variedad, estado de madurez y condiciones de cultivo. El ácido ascórbico es una de las vitaminas más lábiles, por lo que el adecuado manejo de postcosecha es fundamental para evitar caídas abruptas en sus niveles (Olías y Col., 1998).

En la Tabla A5, se presentan los valores de concentración de vitamina C expresados en mg vitamina C/100g fresa, obtenidos a partir de las fresas tratadas con UV-C.

Vale recalcar que los tratamientos a_1b_2, (40cm; 10min) ya_2b_2 (50cm; 10min) contienen mayor cantidad de vitamina C, 47,64 y 47,28mg vitamina C/100g fresa, respectivamente, por lo que se puede manifestar que son los tratamientos que mantienen mejor la vitamina comparada con las fresas no tratadas, que tienen un promedio de 48,89. La pérdida de la vitamina C mediante la aplicación de UV-C en fresas se debe que este proceso género una alza de temperatura favoreciendo la oxidación de compuestos bioctivos como la vitamina C. También esta pérdida se puede deber a que la vitamina C interviene en reacciones metabólicas y enzimáticas dentro de la fresa.

El análisis de la varianza que se reporta en la Tabla B5, señala que no hay diferencia significativa (α=0,05)en el factor A (distancia de las lámparas UV-C al contacto con las fresas) y B (tiempo de exposición de la radiación a las fresas) con respecto a la concentración de vitamina C; además, indica que el efecto combinado de la distancia y el tiempo no posee ningún efecto significativo.

4.3.2 Sólidos Solubles (ºBrix)

Los sólidos solubles son el conjunto de determinados azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa), ácidos orgánicos (ácido málico, ácido cítrico y ácido succínico), compuestos fenólicos, antocianos, etc, cuyas proporciones dependen de la variedad estudiada. Las fresas, tras su recolección, como continúan con sus reacciones metabólicas básicas, entre ellas la respiración, utilizan como sustrato los azúcares resultantes de la hidrólisis de la sacarosa, disminuyendo con ello los sólidos solubles del fruto, proceso que resulta activo durante todo el periodo de post recolección (Pelayo, 2003).

En la Tabla A6 se muestran los registros de ºBrix de las fresas que fueron obtenidos luego de haber tratado con radiación UV-C, a las distintas combinaciones de distancias y tiempos. Nótese en el grafico 10, la tendencia de los valores es ascendente conforme el tratamiento UV-C es más severo, así por ejemplo que en el tratamiento 50 cm–10 min, se obtuvo un promedio de 9,68 ºBrix, lo contrario sucede en el tratamiento 30 cm-7,5 min en el cual tenemos 8,94 ºBrix. Al comparar estos valores con las fresas frescas sin tratamiento las cuales poseen 9,24, podemos decir que en los tratamientos realizados a 50 cm durante 7,5 y 10 minutos no influyen considerablemente en incrementos de sólidos solubles.

En la Tabla B6, se reporta el análisis de varianza para los valores de ºBrix de las fresas tratadas con radiación UV-C, el cual indica que no existe diferencia significativa (α=0,05) para el efecto A (distancia), ni para el efecto B (tiempo) y tampoco la interacción AxB. En consecuencia, se puede concluir que las distancias y los tiempos a las que están sometidas las fresas no influyen en

forma considerable en los sólidos solubles, pues éstos se mantienen en un promedio similar al de las fresas sin tratar.

4.3.3. Acidez

La acidez titulable no es una medida de acidez total definida como la suma de ácidos presentes libres y combinados con cationes, sino una medida de cambios de concentración de ácidos orgánicos del fruto (Ulrich, 1970). El ácido cítrico es el más abundante de la fresa, seguido de málico, succínico y ascórbico, razón por la que los resultados de acidez se expresan en cantidad de ácido cítrico. En la fresa, 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.

Según Pérez etal (1997), el aumento del ácido cítrico podría relacionarse con la mejor conservación del fruto cuando éste está en su estado óptimo de maduración. La acidez titulable es necesaria para conocer la evolución del grado de madurez en las fresas, parámetro resultante de la relación entre la cantidad de ácido cítrico presente respecto a la de sólidos solubles obtenidos. Para la venta y comercialización de fresas en condiciones óptimas, se recomienda un valor máximo del 1,2% de acido cítrico.

En la Tabla A7 y gràfico11, se presentan los valores de acidez (ácido cítrico) expresado en porcentaje de las fresas sometidas a tratamientos UV-C. Nótese que los valores más altos corresponden a los tratamientos, 50 cm-5 min, 50 cm-7,5 min y 50 cm-10 min con valores entre 1,00 a 1,08.

El aumento de la acidez en la fruta puede relacionarse con la mejor conservación 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 que es el predominante.

El análisis de varianza que se reporta en la Tabla B7, indica que el efecto principal A (distancia) tiene diferencia significativa(α=0,05)en los tratamientos realizados, al contrarío, de lo que sucede con el efecto B (tiempo) que no posee ninguna diferencia significativa. En el efecto combinado distancia tiempo no existe interacción.

En la Tabla B7.1 al desagregar la influencia mediante la prueba de Tukey, se ha encontrado que la distancia de50 cm de la fruta a las lámparas UV-C posee más acidez. En el Gráfico 11 se observa que las distancias de la lámparas de 30 y 40 cm no produce un incremento de la acidez. Al contrario de lo que sucede en la distancia de 50cm, a esta distancia el incremento de acidez en las fresas puede deberse a la acción de enzimas que podrían estarse activando por la radiación que ha elevado la temperatura dentro de la fruta aumentando el contenido de ácidos predominantes como es el cítrico, málico y succínico.

4.3.4. Firmeza

La textura es la propiedad física representativa del proceso de masticación y percepción del alimento en la boca. Está considerada como otro parámetro clave indicador de calidad por ser directamente proporcional al grado de madurez del fruto. En los estudios de firmeza en alimentos, las medidas más comúnmente utilizadas son las de fuerza (factor variable), tiempo y distancia (factores constantes en el instrumental utilizado) (Giese, 2003). Para la realización de las medidas de fuerza existe una gran variedad de posibilidades: penetración, compresión, tensión, etc., de entre las cuales la penetración es la más utilizada en las fresas. Los métodos instrumentales más utilizados son los empíricos, que se fundamentan en someter las muestras a una fuerza, y relacionan ésta con el tiempo y con la deformación.

Durante el almacenamiento, factores como variedad, temperatura, tiempo de almacenamiento y concentraciones gaseosas influyen sobre la firmeza. Así, solo algunas variedades de fresa presentan aumentos de firmeza en presencia de altas concentraciones de CO2, otras no sufren modificación.

En cambio, independientemente de la variedad, la disminución de la temperatura genera un aumento en la firmeza de la fresa (Larsen, y Watkins, 1995).

En la Tabla A8, se presentan los datos de los valores de firmeza (kg/sq cm) realizado con un penetrómetro; en el cual se muestra que las fresas de los tratamientos con UV-C han disminuido la firmeza en comparación con las fresas frescas que tienen 0,70 (kg/sq cm) de resistencia a la penetración, mientras que los valores obtenidos de las fresas tratadas van de 0,42 a 0,63(kg/sq cm).

De los valores obtenidos en la Tabla A8 y grafico 12 se puede manifestar que los tratamientos que presentan menor disminución son: a_2b_1 (50cm–7,5min) ya_1b_2 (40cm – 10min) con valores de 0,63 y 0,61 (kg/sq cm), respectivamente. La distancia de 30 cm es la más afectada en firmeza, seguido por la de 40 y 50 cm.

La firmeza de la fresa se ve afectada en la pared celular y membrana celular , ya que los componentes de la membrana (fosfolìpidos y glicolìpidos) y de la pared (proteínas y ligninas) absorben energía en el rango ultravioleta de onda cota; al mismo tiempo la radiación UV-C genera especies reactivas de oxigeno causando estrés oxidativo que afectan la estabilidad.

En la Tabla B8 se reporta el análisis de varianza que indica que existe diferencia significativa(α=0,05) en el factor A (distancias), pero no así para el factor B(tiempos), ni para el efecto combinado AXB. Estimando con los resultados obtenidos de los análisis anteriores el mejor tratamiento $a_1b_{1,}$ don de las fresas presentan0,48 (kg/sq cm) de penetrabilidad, es decir que la fresa se vuelve más blanda en un 31% con relación a las fresas no tratadas.

En la Tabla B8.1, la prueba de Tukey demuestra que las distancias de las lámparas ubicadas a 50 y 40 cm no tienen diferencias significativas, pero si al comparar estas distancias con la de 30 cm. Esta distancia es la que más afecta a la firmeza de la fresa, puede deberse al calor que genera en la fruta

las lámparas UV-C, ablandando la fruta por acción de enzimas y por la degradación de las pectinas de la corteza.

4.3.5. Humedad

Olìas (1998) manifiesta que el agua es el componente más abundante de los frutos, encontrándose en niveles comprendidos entre 89 y 94%. Los frutos son altamente sensibles a la deshidratación, lo que determina que sea recomendable realizar el almacenamiento postcosecha a 90-95% de humedad relativa y evitar cualquier tipo de daños que facilitarían la deshidratación.

La fresa presenta una elevada tasa de transpiración, produciendo 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. En la mayoría de los frutos, pérdidas del 3 al 5% del peso inicial en forma de agua transpirada son suficientes para promover un aspecto arrugado, perdiendo su apariencia externa inicial. Problema todavía más notable en el caso de las fresas, pues debido a su fina piel no poseen una buena barrera exterior con que retener el agua (Olías, 1998).

En la Tabla A9 y Gráfico 13 se reportan los valores de porcentaje de humedad de las fresas sometidas a tratamientos con radiación UV-C. En ellas se puede observar que conforme se incrementa el tiempo de exposición de las fresas a la radiación, y se aumenta la distancia de propagación de la radiación UV-C a las fresas, la humedad tiende a elevarse, esto se debe a que existe un proceso metabólico de respiración de la fruta durante el tratamiento, dando lugar a la formación de agua que incrementa la humedad de la fruta.

Los cambios durante el tratamiento UV-C, y el almacenamiento, pueden provocar exudación o acumulación de humedad en el alimento puesto que la pared y membrana celular son inestables a la radiación UV-C provocando un aumento en la humedad de la fruta.

Los tratamientosa_1b_1 (40 cm – 7,5min) ya_1b_0(40 cm – 5 min) poseen una humedad de 93,80,y 93,03, respectivamente, al realizar una comparación con las fresas sin tratamiento que tienen un promedio de 94,79. Se llega a la conclusión que a esta distancia y estos tiempos se tiene una deshidratación aproximadamente del 1,03%. Durante el tratamiento con la lámpara UV-C existe una disminución de humedad de la fruta durante los primeros 5 minutos, este efecto se ve en forma más clara en la distancia de 30 cm, factor a_0, pero a medida que el tiempo de exposición de la fruta a la lámpara aumenta, hecho que puede deberse a los procesos metabólicos de las fresas.

En la Tabla B9 se reporta el análisis de varianza de los valores de humedad de las fresas tratadas con radiación UV-C expresada en porcentaje, observándose que existe diferencia significativa para el efecto A (distancia) y no así para el efecto B (tiempo), ni para el efecto combinado AXB.

En la Tabla B9.1 se reporta la prueba de Tukey para el efecto de la radiación UV-C, observándose que las distancias de 40 y 50 cm tienen la misma influencia en la humedad de la fruta, pero existe diferencia significativa con la distancia de 30 cm. Hay que tener en cuenta que la humedad es relativamente similar entre el tratamiento a_1b_1 (40cm - 7.5min): 93,806% y el de fresassin tratamiento que tiene 94,79%.

4.3.6. pH

El pH es uno de los parámetros que presenta menor variación durante el periodo de poscosecha de la fresa. Diversos estudios muestran pocos o ningún cambio con el tiempo, incluso con la modificación de factores externos como temperatura y aumento de CO2.(Holcroft y Kader 1999).

El pH de las fresas tratadas fue entre 3,70 y 3,81 y no se encontraron cambios significativos durante el proceso de tratamiento con radiación UV-C.

En la Tabla A10 y Gráfico 14 se muestran los promedios de pH de las fresas tratadas con radiación UV-C con sus diferentes tiempos y distancias, se

puede observar que el pH de algunos tratamientos como por ejemplo:a_1b_1 (40cm – 7,5min) que tiene3,81 y a_1b_0 (40cm-5min) con 3,80, no incide mayoritariamente con las fresas sin tratamiento.

En el Gráfico 14 se observa que la distancia de 40 cm de las lámparas a las fresas tiene el valor más alto. El análisis de la varianza que se reporta en la Tabla B10.1, indica que en los tratamientos y en el efecto combinado de la distancia y el tiempo AXB no poseen diferencia significativa.

4.3.7. Antocianinos

El color es uno de los parámetros de calidad que más información proporciona sobre la evolución de las fresas, siendo detectable mediante colorimetría (color externo) y espectrofotometría visible (color total). El color total con la concentración de antocianos, determinados como glucósido 3-pelargonidina, por ser el mayoritario de la fresa, constituyendo el 88% de los antocianos de la parte externa y el 96% de la interna (García, y Viguera.,1999).

En la Tabla A11, se presentan los valores de antocianinos expresados en concentración nmol de glucósido 3–pelargonidina/g de fresa. En el Gráfico 15, se puede observar que a una distancia de 40cm durante 7,5min de exposición de las fresas a la radiación UV-C, el contenido de antocianinos aumenta, es decir la coloración de la fresa se vuelve más roja que las fresas sin tratamiento, así tenemos el caso del tratamiento $a_1b_{1:}$que presenta un valor de 0,030 (nmol de glucósido 3 -pelargonidina/g fresa).

En general se observa que los tratamientos con radiación UV-C mejoran la coloración de las fresas, lo cual puede deberse a diferentes factores como la acidez, y el pH de la fruta, puesto que con pH comprendido entre 3 a 4, básicamente la totalidad del pigmento se encuentra en su forma más estable de ion oxonio o catión flavilio de color rojo intenso.

El análisis de varianza que se reporta en la Tabla B11 indica que no existe diferencia significativa (α=0,05) para los efectos principales A (distancia) y B (tiempo); ni para la interacción AXB. En consecuencia podemos determinar que las radiaciones UV-C para las condiciones de nuestro trabajo poseen la misma influencia en el color de la fruta.

4.3.8. Azúcares Reductores

Los azúcares son uno de los principales componentes de las fresas. La sacarosa, glucosa y fructosa representan más del 99% del total en los frutos maduros, encontrándose xilitol, sorbitol y xilosa en pequeñas proporciones. La glucosa y fructosa se encuentran en proporciones similares en frutos maduros y constituyen un 83% del total de los azúcares (Wrolstad y Shallenberger, 1981).

En la Tabla A12 se expresan los valores de azúcares reductores por 100g de fresa, dichos valores fueron tomados de las frutas tratadas con radiación UV-C. En el Gráfico 16, se observa que conforme aumenta la distancia de las lámparas UV-C en contacto con las fresas, el contenido de azúcares reductores se incrementa. Nótese por ejemplo que los tratamientos $a_1b_{1:}$(40cm-7.5min) tiene 6,68 y a_1b_0(40cm-5min) posee 6,60, son los que dan mayor contenido de azúcares; seguido de los tratamientos$a_2b_{1:}$ (50 cm – 7.5 min) con 6,26 y por último$a_2b_{2:}$ (50cm 10 min) tiene 6,40.

La mayor cantidad de azúcares reductores se tiene cuando la distancia de las lámparas a las fresas es de 40 cm.

El análisis de la varianza que se reporta en la Tabla B12, indica que no existe diferencia significativa en las variables distancia ni tiempo, y tampoco en la interacción AXB.

4.4. Selección del mejor tratamiento

En la Tabla A13, se compara los dos mejores tratamientos con relación a los parámetros de calidad de las fresas, de estos dos resulta como mejor, el tratamiento a1b1, perteneciente a una distancia de 40 cm y un tiempo de 7,5 min de exposición de la fruta a la radiación con radiación UV-C, a esta distancia presenta menor contenido de bacterias, hongos, levaduras y coliformes, menor influencia de la radiación UV-C con respecto a la firmeza, mayor contenido de humedad ya que posee un valor más alto que el tratamiento aob1, y mayor contenido de antocianinos. Mientras el tratamiento aob1 que corresponde a 30cm – 7,5 min, presenta disminución en infección fúngica de la fruta, una menor cantidad de azúcares y se observa también que el porcentaje de acido cítrico disminuyó, dando a las fresas mejores características sensoriales con respecto a la fruta sin tratar.

4.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS SENSORIALES

4.5.1. Aroma

En la Tabla A14 se presenta los resultados del análisis sensorial correspondiente al atributo aroma en fresas sin tratamiento y en fresas tratadas con UV-C, cuando la fruta permanecía durante 7,5 minutos a la radiación y su distancia era de 40 cm a las lámparas. Los catadores calificaron desde 1 (nada perceptible) hasta 5 (muy intenso), y los valores promedio son: 2,78 para fresas tratadas y 2,04 para las fresas sin tratamiento. Lo que significa que existe una mejor aroma en las fresas tratadas, ver Gráfico 17.

Mediante el análisis estadístico expresado en la Tabla B14 previsto para este parámetro, se llegó a la conclusión de que no existe diferencia significativa (α=0,05)en los efectos principales como son: A (tratamientos) y B (catadores).

4.5.2. Color

En la Tabla A15, se indica el análisis sensorial de color para fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C, las valoraciones de las cataciones van desde 1: (rojo muy débil) hasta 5: (rojo brillante). Los promedios son:2,88 en las fresas sin tratamiento y3,79 para fresas tratadas con radiación UVC por 7,5 minutos a la distancia de 40 cm. La coloración de las frutas están desde rojo a rojo intenso.

En el Gráfico 18 se puede ver la valoración de la característica organoléptica color de las fresas, en donde se observa que las que fueron tratadas con radiación UV-C ocupa el primer nivel en aceptabilidad que dan los catadores.

Mediante el análisis estadístico presentado en la Tabla B15 previsto para este parámetro se llegó a la conclusión que existe diferencia significativaa un nivel $\alpha = 0.05$ en el efecto principal A (tratamientos) pero no así en el efecto B (catadores).

4.5.3. Dulzor

En la Tabla A16, se indica los valores de dulzor para fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C, las valoraciones de las cataciones van desde 1: (nada dulce) hasta 5: (demasiado dulce). Los promedio son: 2,46 para las no tratadas y 3,67 para las fresas tratadas. Lo que significa que existe un incremento de dulzor en las fresas tratadas y que es comprobado con los resultados químicos que dieron un aumento de °Brix y azúcares reductores a las fresas sometidas a radiación UV-C. Esta explicación se puede deberse a que durante el tratamiento UV-C hubo un incremento de temperatura en la fruta, aumentado el contenido de glucosa, fructosa y sacarosa que son los azucares totales predominantes en la fruta.

En el Gráfico 19 se puede ver que las fresas tratadas con radiación UV-C poseen mayor aceptabilidad por los catadores. Mediante el análisis

estadístico presentado en la Tabla B16, previsto para este parámetro, se llegó a la conclusión que no existe diferencia significativaα = 0.05 en el efecto A (tratamientos) ni en el efecto B (catadores).

4.5.4. Textura

El atributo de textura que se observan en la Tabla A17, reporta que los valores obtenidos para fresas sin tratamiento, y con tratamiento UV-C se encuentran en un rango que va desde: 1: (muy suave) hasta 5 (muy dura), podemos darnos cuenta que los promedios son: 3,33 para las fresas sin tratamiento y 2,92 para fresas tratadas con radiación UV-C. Los valores obtenidos en fresas tratadas con UV-C son bajos esto se debe a que la pared celular y membrana celular se ven afectados, ya que los componentes de la membrana (fosfolípidos y glicolípidos) y de la pared (proteínas y ligninas) absorben energía en el rango ultravioleta; al mismo tiempo la radiación UV-C genera especies reactivas de oxigeno causando estrés oxidativo que afectan la estabilidad de este atributo sensorial..

En el Gráfico 20 se puede observar la valoración de la característica organoléptica textura en fresas, la representación permite darse cuenta que las fresas sin tratamiento es la que posee mayor valor de textura.

Mediante el análisis estadístico presentado en la Tabla B17 previsto para este parámetro se llegó a la conclusión que no existe diferencia significativa(α = 0.05)en el tratamiento ni en catadores, esto quiere decir que no existe influencia de la radiación en este atributo.

4.6. VIDA ÚTIL EN FRESAS TRATADAS CON RADIACIÓN UV-C TOMANDO EN CUENTA EL MEJOR TRATAMIENTO

La vida útil de la fresa puede verse mejorada por el control de procesos de deterioro o inactivación de procesos fisiológicos, tanto del propio fruto como de los patógenos que pueda contener. La irradiación UV-C en frutas y hortalizas ha resultado un sistema efectivo para prolongar la vida útil de estos productos por ser letal para la mayoría de microorganismos.

Para cumplir el objetivo de conocer la vida útil de las fresas tratadas a una distancia de 40 cm de las lámparas de UV-C y por el tiempo de 7,5 minutos, que fueron envasadas y almacenadas en refrigeración, y comparadas con las fresas sin tratamiento, envasada y almacenada en las mismas condiciones, se realizó siembras periódicas cada 48 horas para determinar el recuento de bacterias, mohos y levaduras y coliformes durante dos semanas. Los resultados se indica en la TablaA18 y en los Gráficos 21 para bacterias, 22 para mohos y levaduras y en el 23 para coliformes. Las fresas comienzan a dar un color oscuro después de los 10 días en fresas tratadas y después de 8 días en fresas sin tratamiento. Durante los 10 días en fresas tratadas y 8 en las no tratadas, las frutas mantienen sus características físicas de calidad, pero mientras transcurren los días en refrigeración se observaron síntomas de deshidratación, ablandamiento, y el aparecimiento de manchas oscuras, lo cual no es recomendable ya que en ese estado el consumidor no compraría la fruta. Las curvas de crecimiento de microorganismos en las fresas se adaptan a ecuaciones polinomiales de grado 3, característico del crecimiento de microorganismos y su crecimiento exponencial aparecen sobre todo en fresas no tratadas a partir del octavo día.

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

Tomando como parámetro de control 10 días de almacenamiento de las fresas realizamos los cálculos y los expresamos en días. Para determinar la vida útil se tomó como referencia la siguiente ecuación de cinética de primer orden:

$$\ln(C) = kt + \ln Co$$

Despejando de la formula inicial tenemos:

$$t = \frac{\ln C - \ln Co}{k}$$

Bacterias

Fresas con tratamiento (FCT)

$$t = \frac{6{,}65929 - 5{,}95324}{1E-06}$$

$$t = 10\, dias$$

Fresas sin tratamiento (FST)

$$t = \frac{6{,}6592 - 6{,}10925}{1E-06}$$

$$t = 8\, dias$$

Mohos y Levaduras

Fresas con tratamiento (FCT)

$$t = \frac{6{,}90935 - 5{,}94542}{9E-07}$$

$$t = 10\, dias$$

Fresas sin tratamiento (FST)

$$t = \frac{6{,}9093 - 6{,}20051}{7E-07}$$

$$t = 9\, dias$$

Coliformes

Fresas con tratamiento (FCT)

$$t = \frac{5{,}54126 - 4{,}86753}{1E-06}$$

$$t = 9\, dias$$

Fresas sin tratamiento (FST)

$$t = \frac{5{,}5413 - 5{,}32301}{6E-07}$$

$$t = 7\, dias$$

4.7. ESTUDIO ECONÓMICO

Con el fin de implantar la tecnología de conservación de fresas mediante tratamiento con radiación UV-C, se propuso realizar un estudio económico sobre la factibilidad de la implementación de una microempresa de conservación de fresas ubicada en al sector agrícola de la Provincia de Tungurahua.

A continuación se detallan todos los aspectos del proyecto de factibilidad de la planta conservadora de fresas:

4.7.1. Materiales directos e indirectos

Materiales	Cantidad	Valor Unitario ($)	Valor Total ($)
Fresas (kg)	350,00	1,10	385,00
Envases	700,00	0,05	35,00
		Total ($)	**420,00**

4.7.2. Equipos y utensilios

Equipos	Costo($)	Horas utilizadas	Vida útil (años)	Costo($)anual	Costo día	Costo hora	Total ($)
Balanza	150,00	0,5	10	15,00	0,06	0,01	0,004
Equipo UV-C	400,00	5	10	40,00	0,16	0,02	0,10
pH - metro	200,00	2	10	20,00	0,08	0,01	0,02
Tina de acero inoxidable	250,00	8	10	25,00	0,10	0,01	0,10
Mesa de acero inoxidable	150,00	5	10	15,00	0,06	0,01	0,04
Utensilios	350,00	8	5	70,00	0,28	0,04	0,28
						Total ($)	**0,54**

4.7.3. Suministros

Servicios	Consumo	Tiempo	Precio unitario	Total
Energía (Kw/h)	20	8	0,15	24,00
Agua (m3)	5	por parada	0,20	1,00
Teléfono (min)	10	por parada	0,10	1,00
Detergente (kg)	0,25	por parada	2,00	0,50
			Total ($)	**26,50**

4.7.4. Personal

Personal	Sueldo($)	Días laborables	Horas	C. dia($)	C. unitario($)	Total($)
3	780	20	8	39,00	4,88	**39,00**

4.7.5. Costo de producción

Materiales directos e indirectos	420,00
Utilización de equipos	0,54
Suministros	26,50
Personal	39,00
Sub Total($)	**486,04**

A continuación se sintetiza el estudio económico realizado:

Costo Total por parada ($ US)	486,04
Costo Unitario de cada tarrina ($ US)	0,69
Costo total de venta por parada ($ US)	875,00
Costo total de venta por tarrina ($ US)	1,25
Utilidad de la parada ($ US)	388,96
Utilidad de cada tarrina($ US)	**0,56**

.

El costo total de producción de una parada diaria de 350 kilogramos de fresas es de 486 $ US y el costo unitario de cada tarrina es de 0.69 $ US. Si se considera una producción de 700 tarrinas de medio kilogramo, con un precio de venta de 1.25 $ US, se tiene un ingreso total de 875 $ US por parada. Entonces, la utilidad por parada es de 388,96 $ US y por tarrina de 0,56 $ US.

Mediante el estudio de mercado se pudo establecer que el precio de medio kilogramo de fresas envasadas en bandejas en supermercados y tiendas se vende a $ 1,80 dólares. Comparado este valor con el precio de producción del estudio realizado para fresas tratadas con radiación UV-C, el valor de venta es de $ 1,25 dólares por cada tarrina, es menor y se logra una ganancia neta 0,56 ctvs por tarrina, lo que implica una buena remuneración para la microempresa.

4.8 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Las fresas tratadas con radiación de radiación ultravioleta de onda corta, presentan diferencias significativas, a un nivel de confianza del 95%,en los siguientes parámetros: bacterias mesófilas, acidez, firmeza y humedad,es decir, que se acepta la hipótesis alternativa. Con respecto a los parámetros que no presenta diferencia significativa son: infección fúngica, mohos y levaduras, coliformes, vitamina C, sólidos solubles, pH, antocianinos y azúcares reductores, es decir que en estas se acepta la hipótesis nula.

Tabla A21. Verificación de la hipótesis de los parámetros analizados

Característica microbiológicas y físico químicas de fresas	Efectos Principales	Valor F	Probabilidad	Hipótesis Aceptada
Infección fúngica	A: Distancia	1,04	0,3756	Ho
	B: Tiempo	0,77	0,4800	
Bacterias mesòfilas	A: Distancia	5,03	0,0202*	HI
	B: Tiempo	0,06	0,9413	
Mohos y Levaduras	A: Distancia	1,69	0,2164	Ho
	B: Tiempo	1,07	0,3653	
Coliformes	A: Distancia	1,41	0,274	Ho
	B: Tiempo	0,07	0,9363	
Vitamina C	A: Distancia	0,72	0,5017	Ho
	B: Tiempo	1,35	0,2884	
Sólidos Solubles (ºBrix)	A: Distancia	0,5	0,6155	Ho
	B: Tiempo	0,14	0,8688	
Acidéz	A: Distancia	4,34	0,0312*	HI
	B: Tiempo	0,24	0,7858	
Firmeza	A: Distancia	3,72	0,047*	HI
	B: Tiempo	0,16	0,8528	
Humedad	A: Distancia	5,12	0,0191**	HI
	B: Tiempo	1,67	0,2203	
pH	A: Distancia	1,01	0,3859	Ho
	B: Tiempo	1,12	0,3507	
Antocianinos	A: Distancia	1,76	0,203	Ho
	B: Tiempo	1,05	0,3714	
Azúcares Reductores	A: Distancia	2,46	0,1172	Ho
	B: Tiempo	0,29	0,7522	

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Por medio del presente estudio se comprobó que los tratamientos con radiación UV-C provocan un mejoramiento en la calidad de la fresa, en consecuencia se lo puede utilizar como alternativa para prolongar el tiempo de vida útil de las mismas. Lo mencionado resulta de mucho interés para los productores de fresa, ya que con una baja inversión se conseguiría comercializar frutas de excelente calidad con atributos sensoriales agradables y parámetros microbiológicos inofensivos para el consumidor. 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 fruta.

- Las propiedades físico-químicas de las fresas no se vieron influenciadas por los tratamientos con radiación UV-C, sino más bien por los procesos fisiológicos normales de maduración durante el almacenamiento de la fruta. La evaluación sensorial de los atributos de aroma, color, dulzor y textura de las fresas 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 $10E^5$ UFC/g, teniendo como resultado un producto inocuo y apto para el consumo humano.

- El utilizar la radiación UV-C como medio de destrucción de microorganismos en fresas (*Fragaria vesca)* variedad diamante 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 fresas y la letalidad de los microorganismos, dándonos como resultado características microbiológicas, físico-químicas y sensoriales aceptables. Portanto, se determinó que el mejor tratamiento es el a_1b_1 (40cm-7,5min).

- En la determinación de la vida útil de la fresa(*Fragaria vesca)* variedad diamante para el mejor tratamiento, se analizó el contenido de bacterias, hongos, levaduras y coliformes durante 2 semanas, observándose características microbiológicas aceptables hasta los 8 días en las sin tratamiento y de 10 días en las tratadas con UV-C estos valores se obtuvieron mediante el cálculo respectivo en donde las muestras se encontraban en refrigeración a una temperatura de 5°C. Concluyéndose que el tratamiento con radiación UV-C influye directamente en el incremento del tiempo de vida útil en forma positiva, de 8 a 10 días.

- Al realizar el estudio económico se pudo apreciar que la rentabilidad obtenida en una planta procesadora de fresas irradiadas con radiación UV-C es elevada pues el costo de producción de una parada de 700 tarrinas de medio kilogramo es de $ 486,04 US, y si se considera el precio de venta a $ 1,25 US por tarrina, entonces se obtiene una utilidad de $ 388,96 US por parada.

5.2. Recomendaciones

- Incentivar y dar a conocer al pequeño productor de la provincia de Tungurahua un nuevo método de conservación de fresas (*Fragaria vesca)* como es la aplicación de la radiación UV-C, para incrementar su producción y procesar la materia prima, y así puedan obtener mayores réditos económicos con miras a una futura explotación, ya que esta fruta es muy apetecida en el mercado nacional como en el internacional.

- Se recomienda aplicar esta tecnología de radiación UV-C a otros tipos de productos perecederos por ser rápida y de fácil aplicación.

- Manejar adecuadamente la fruta durante la poscosecha con su debida inocuidad y cuidado para evitar contaminaciones y magulladuras factores que son predominantes en el deterioro de la fruta.

- Se recomienda realizar un estudio de la conservación de fresas utilizando pulsos de radiación ultravioleta, que según investigaciones bibliográficas tiene mejor acción germicida.

CAPITULO VI
PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

- **Título: "**Estudio del efecto del tratamiento mediante radiación pulsada de ultravioleta de onda corta en fresas (*Fragaria vesca*) colocadas a 40cm de distancia a una la lámpara de xenón.

- **Institución Ejecutora:** Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Laboratorio de la Unidad Operativa de Investigaciones en Tecnología de Alimentos UOITA.

- **Beneficiarios:** Agricultores, comerciantes y distribuidores de fresa

.

- **Ubicación:** Ambato – Ecuador

- **Tiempo estimado para la ejecución:** 8 meses
  Inicio: Abril del 2010 **Final:** Diciembre 2010

- **Equipo técnico responsable:** Egdo. Ángel J. Beltrán A, Ph.D. Milton Ramos M, Ing. Mario Álvarez.

- **Costo:** $ 1399,97

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El estudio del perfil del consumidor de productos frutícolas en los países desarrollados ha puesto en evidencia que sabor, aroma, madurez y apariencia son los atributos que más influyen a la hora de tomar la decisión final de la compra de alimentos. Factores tales como valor nutritivo, precio, ausencia de residuos, pasan a un segundo término. Se puede decir que el 90% de los consumidores engloban en su concepto de calidad los términos que describen las características sensoriales. Por tanto, la impresión causada por la fresa al consumidor parece englobar todas las características de frescura.

(Olías, J., 1998), indica que la fresa es un fruto de placer por excelencia, es sinónimo de primavera, aunque en la actualidad, gracias a las tecnologías de post recolección y envasado, puede ser consumida prácticamente durante todo el año. Dentro del mundo de la fruta, la fresa se posiciona como un fruto estacional, cómodo de comer y apetecible.

Las fresas deben cosecharse como mínimo cuando presentan más de un 50% de su superficie color rojo (Sagpya, 2004). No obstante los azúcares continúan acumulándose hasta el final de la maduración, por lo que la cosecha temprana disminuye la calidad organoléptica. Las fresas deben ser cosechadas con el mayor cuidado para poder llegar al mercado en buenas condiciones. En los meses calurosos, es deseable cosechar en las horas más frescas del día. Usualmente la cosecha tiene lugar cada dos días durante el período que corresponde al pico de producción, pero muchas veces se hace necesario efectuar una recolección diaria. Los frutos cosechados deben colocarse delicadamente en el recipiente de recolección, separando aquellos defectuosos o fuera de tipo.

La mayoría de los jugos se pasteurizan mediante calor la cual afecta negativamente sus propiedades organolépticas y nutricionales. Recientemente, en el año 2000, la FDA aprobó el uso de la irradiación UV para reducir patógenos como hongos, bacterias, levaduras y otros microorganismos en jugos claros.

Con el fin de disminuir las perdidas en la postcosecha de la fresa se ha desarrollado un método de conservación mediante la utilización de radiación UV-C, efecto germicida la cual destruye gran parte de la carga microbiana en la fruta, este método de conservación se rige a tiempos y distancias de las lámparas UV-C en contacto con la fruta (López, M., 2005).

Actualmente existe un interés particular en el uso de flashes de corta duración de radiación ultravioleta a razón de 1 a 20 pulsos/segundo, a temperatura ambiente, pero la temperatura de la superficie de los alimentos se incrementa de 30 a 60°C grados. Se puede aplicar a alimentos envasados si el material de envasado es lo suficiente transparente al espectro de la radiación aplicada (Allende, A., 2001).

El número de lámparas, configuración de flash y velocidad de los pulsos depende del tipo del producto y de la extensión requerida del tratamiento. Si la intensidad de la radiación o el número o la duración de los pulsos es alto, el incremento de la temperatura del producto puede ser mayor que la deseada. La intensidad de la radiación debe ser suficiente para calentar la capa superficial del producto, una capa de espesor de 10nm hasta una temperatura de 50-100°C. El calor debe de estar localizado en la cepa superficial sin aumentar significativamente la temperatura interior.(Allende, A., 2001).

El numero de pulsos de radiación total debe limitarse de forma que se mantenga la temperatura superficial por debajo de 50 a 100 °C, diez segundos después de la exposición de los pulsos luminosos, el calor que se genera en el producto cuando se expone a la radiación, es muy pequeño comparado con la cantidad de calor necesaria para procesarlo térmicamente de forma adecuada.

Este procedimiento de conservación de alimentos se utiliza en:

- Esterilización de envases para envasado aséptico

- Esterilización de equipos
- Eliminación de microorganismos de alimentos líquidos
- Reducción de la flora de la superficie de los alimentos sólidos como carne, pescado, pan, platos preparados, etc.

Actualmente los consumidores prefieren alimentos mínimamente procesados, con el menor número de cambios posibles a su estado natural. Esto ha motivado el desarrollo de nuevas metodologías llamadas tecnologías emergentes de conservación no térmica de alimentos, como son los pulsos luminosos que pueden inactivar microorganismos en el material utilizado en el envasado, en alimentos líquidos y en alimentos sólidos, sin provocar cambio significativo en la calidad de los alimentos.(Shafiur y Rahman., 2005).

6.3. JUSTIFICACIÓN

La fresa, como alimento perecedero, dada su alta tasa de respiración y transpiración, se ven afectados por su gran susceptibilidad a *Botrytis cinerea*, la que causa la podredumbre gris; la fresa necesita condiciones adecuadas para conseguir un aspecto óptimo en sus diferentes parámetros de calidad, conociendo que esta fruta contiene un alto porcentaje de vitamina C y es un excelente antioxidante (Sagpya, 2004).

El presente proyecto de investigación emerge como una idea de comprender las consecuencias de las pérdidas durante la post cosecha de la fresa 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 fresas de un nivel alto de inocuidad.

El sistema utiliza una lámpara de Xenón que libera muy rápidamente la energía en forma de radiación a la superficie del producto que se encuentra en la cámara de tratamiento (Allende, A., 2001).

En el grafico 27 se observa una de las cámaras de tratamiento que se compone de una superficie reflectante y las lámparas de Xenón. Se asemeja a un horno cualquiera como se puede ver también en el Gráfico.

Gráfico 27. Cámara de tratamiento de radiación pulsada con lámparas de xenón

La radiación que se transmite con los pulsos posee componentes UV que son capaces de dañar el DNA de los microorganismos, proteínas y romper las membranas celulares. Todo ese daño dependerá de la frecuencia y duración de los pulsos de radiación, la longitud de onda de la radiación utilizada y distancia al producto a tratar.(Allende, A., 2001)

Aplicaciones de los pulsos de radiación UV-C.

La posibilidad de la aplicación de esta tecnología dependerá también del producto al que la vayamos a aplicar. Intervienen factores como su color, transparencia, profundidad y el contenido de grasa y proteína, para ver la viabilidad de la aplicación de los pulsos. Por ejemplo, la penetrabilidad del pulso nos es muy grande y sólo sirve para tratar superficies.
Se pueden utilizar para:

- **Descontaminación de superficies:** vegetales, frutas, productos loncheados, pescados, miel entre otros.
- **Higienización** del agua y otros líquidos transparentes.

Además de servir como tecnología de conservación también puede ser utilizada en la Industria Alimentaria para mejorar el rendimiento de procesos de extracción como la obtención de zumos de frutas y azúcar de la remolacha. (http://www.esebertus.com/blog/2009).

En la actualidad no se ha implementado una nueva metodología que ayude a disminuir la perdida de fresas durante el proceso de postcosecha, y obtener alimentos inocuos, por ello el motivo principal es proporcionar a la ciudadanía de nuevas formas de alimentos sanos y tasas de empleo en las comunidades aplicando una nueva tecnología económica y factible que permita obtener un producto de buena calidad.(López, M., 2005).

6.4. OBJETIVOS

Objetivo General

- Estudiar el efecto con radiación pulsada de ultravioleta en fresas (*Fragaria vesca*) colocadas a 40cm de distancia en una lámpara de xenón reduciendo la incidencia de hongos durante el almacenamiento y distribución comercial.

Objetivos Específicos

- Determinar la composición físico-química de la fresa tratadas con radiación pulsada de ultravioleta y almacenada en bandejas de polipropileno PP.

- Determinar la vida útil de las fresas durante el almacenamiento de la fruta tratada con un sistema de radiación pulsada de ultravioleta.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El proyecto de investigación es de tipo tecnológico, ya que con ello se puede implementar una nueva metodología de conservación, con la cual se logre aprovechar de una forma total la materia prima como son las fresas (*Fragaria vesca*), y de esta forma lograr que el producto dure por un tiempo prolongado en donde sus propiedades y características nutricionales no se vean afectadas.

El análisis de factibilidad, es de carácter socioeconómico, además de ello es de beneficio social ya que este tema de investigación puede ser implementado para pequeños y grandes productores, los cuales sabrán aprovechar la materia prima que es muy perecedera debido a la alta tasa respiratoria, y así obtener un producto nuevo, que contenga características físico-químicas y sensoriales aceptables por los consumidores, empleando radiación pulsada de ultravioleta con lámparas de xenón.

6.6. FUNDAMENTACIÓN

La fresa pertenece a la familia de la *Rosácea* y al género *Fragaria,* es de tipo herbáceo y perenne. La planta fresa es pequeña, de no más de 50 cm de altura, con numerosas hojas trilobuladas de pecíolos largos, que se originan en una corona o rizoma muy corto, que se encuentra a nivel del suelo y constituye la base de crecimiento de la planta; en ella se encuentran tres tipos de yemas; unas originan los tallos, que crecen junto al tallo principal, otras los estolones, que en contacto con el suelo emiten raíces y forman nuevas plantas, el tercer tipo de yemas forman los racimos florales cuyas flores son hermafroditas y se agrupan en racimos.(Chávez y Wang., 2004).

En comparación con el resto de frutas, la fresa contiene una cantidad moderada de hidratos de carbono y un valor calórico bajo. Destaca su aporte de vitamina C, sustancias de acción antioxidante y un alto contenido de ácidos orgánicos, entre ellos cítrico (de acción desinfectante), málico, oxálico y salicílico (de acción anticoagulante y antiinflamatoria). También es rica en minerales como potasio y magnesio. Su contenido en fibra es moderado. Como compuestos activos presenta pigmentos, aceite esencial, vitamina C, taninos y flavonoides (Almenar, E., 2005). En el cuadro 5 se resume la composición básica de la fresa.

Cuadro 5. Composición de la fresa por 100g de porción comestible

Agua	80-90%	**Tiamina**	0.03mg
H. de carbono	5-10%	**Riboflavina**	0.03mg
Proteína	0.9-0.9%	**Niacina**	0.6mg
Grasa	0.1-0.4	**Hierro**	1mg
Ceniza	1-3%	**Sodio**	1mg
Vitamina A	60UI	**Potasio**	164mg
Vitamina C	20-70mg	**Calcio**	21mg
Nº de calorías	37	**Fosforo**	21mg

Fuente: Floquier,1986

Respecto a sus propiedades nutritivas, 200g de fresa cubren la sexta parte de las necesidades de ácido fólico, el doble de las necesarias de vitamina C y el valor añadido de aportar solo 70 calorías. Dada su riqueza en antioxidantes, ácido fólico, potasio y salicilatos, está especialmente recomendada en dietas de prevención de riesgo cardiovascular y de enfermedades degenerativas y cáncer (www.vivirnatural.com).

Las pérdidas postcosecha exceden el 30 por ciento en muchos países en desarrollo. La mayoría de las mismas se debe a la falta de infraestructura o a una infraestructura inadecuada para el manipuleo, almacenamiento y elaboración eficiente de la producción agrícola. También contribuyen a estas

pérdidas el alto costo de las tecnologías de procesamiento y la falta de información o de un apropiado conocimiento técnico de los procesos.

Las tecnologías combinadas (también conocidas como «tecnologías de barreras u obstáculos») para la conservación de frutas y hortalizas no requieren el uso de equipo, materiales y procedimientos sofisticados y son relativamente simples comparadas con las tecnologías tradicionales, tales como la refrigeración, de alto costo y no siempre disponible y/o accesible a los productores rurales. Las tecnologías combinadas en las que se puede manifestar: conservación por radiación UVC, por radiación pulsada, pueden ser vistas como técnicas de conservación intermediarias que permiten la reutilización posterior de frutas u hortalizas semi procesados por métodos de procesamiento convencionales para producir jugos, mermeladas, dulces, néctares y otros productos (Parra, A. y Hernández, J. 1997).

6.7. METODOLOGÍA MODELO OPERATIVO

Para el estudio del efecto de la radiación mediante radiación pulsada de ultravioleta en fresas (*Fragaria vesca*) sometidas a parámetros establecidos (40cm por 7,5min) seguimos el procedimiento normal mencionado en este estudio, teniendo en cuenta que el proceso a realizarse debe ser lo más inocuo posible para garantizar la calidad del producto final**.**

Tabla A22.

Modelo Operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Estudio del efecto del tratamiento mediante radiación pulsada de ultravioleta en fresas colocadas a 40cm de distancia en una lámpara de xenón.	Revisión bibliográfica y estudios aplicados de radiación pulsada en frutas y verduras	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	$ 600	4 meses
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta.	Pruebas preliminares sobre la conservación	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	$ 200	1 mes
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta.	Aplicación de Tecnología de conservación mediante radiación pulsada	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	$ 300	1 mes
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de la implementación.	Encuestas a consumidores	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	$ 200	2 meses

Elaborado por: Ángel J Beltrán A.

6.7.1 Materiales y equipos

Los materiales utilizados para el desarrollo de esta tecnología serán los siguientes:

Materiales de vidrio

- Vasos de precipitación de 50, 100 y 250 ml
- Probetas de 250 ml
- Pinzas
- Gradilla
- Buretas de 50 ml
- Pipetas
- Cajas Petri

Utensilios

- Cocina eléctrica
- Cuchillos
- Pinzas
- Ollas
- Licuadora
- Cucharas
- Refrigeradora

Equipos

- Estufa
- Destilador de agua para análisis físico- químicos
- Cámara de flujo laminar
- Penetrómetro
- Brixòmetro escala: 0-32 ºBrix
- pH-metro
- Autoclave
- Centrifuga
- Espectrofotómetro
- Equipo de radiación pulsada de ultravioleta
- Incubadoras
- Balanza analítica y de precisión.
- Cuenta colonias digital

Reactivos

Análisis de azúcares reductores

- Solución de fehling A
- Solución de fehling A
- Azul de metileno
- Glucosa

Análisis de vitamina C

- Solución de 2.6- dicloro fenol indofenol
- Acido oxálico
- Ácido ascórbico puro

Análisis de antocianinos

- Etanol
- Acido Clorhídrico

Análisis microbiológicos

- Agar PCA
- Agar PDA
- Agar Cristal violeta

6.7.2. Tecnología de elaboración

1 Recepción.- Se recepta fresa de buena calidad, especialmente que provenga de los mismos agricultores y productores de la fruta para así evitar maltratos de la fruta por la deficiente manipulación en los mercados.

2 Selección.- El objetivo que se persigue en este proceso es separar las fresas que se encuentren golpeadas, manchadas o que estén en mal estado y puedan contaminar al resto de fruta.

3 Lavado.- Se trata de disminuir la cantidad de microorganismos, basuras y otros residuos extraños que contenga la fruta. Después de este proceso se realizan los análisis físicos para la caracterización de la fruta.

4 Tratamiento mediante radiación pulsada de ultravioleta.- Este es el principal objetivo de la investigación, ya que se pretende prolongar la vida útil, eliminando microorganismos propios presentes en la fresa. El proceso se lo realizará, aplicando flashes de radiación ultravioleta de corta duración a razón de 1 a 20 pulsos/segundo con una distancia de 40 cm con la lámpara de xenón a temperatura ambiente.

5 Enfriamiento.- Una vez que la fruta haya sido tratada se la deja enfriar a temperatura ambiente, esto se hace con el propósito de no dañar al producto ya que si lo manipula a temperaturas superiores se podrían causar daños en la corteza del fruto.

6 Envasado.- Se envasa la fresa en bandejas de polipropileno para su posterior almacenamiento en refrigeración. Este tipo de envases

actualmente se está utilizando para la comercialización de las fresas en los Supermercados.

7 Almacenamiento.- Se lo realiza en una cámara de refrigeración a una temperatura entre 4 y 5ºC. Según investigaciones realizadas se ha comprobado que a estas temperaturas la mayor parte de los microorganismos disminuyen su actividad metabólica.

6.8. ADMINISTRACIÓN

En la ejecución del proyecto antes mencionado se deberá tener en cuenta la administración de los recursos utilizados y estará coordinada por los responsables del proyecto Ph.D. Milton Ramos, Ing. Mario Álvarez y Egdo. Ángel Beltrán.

Tabla A23. Administración de la propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Productos inocuos con características sensoriales adecuadas.	Corto tiempo de vida útil de las fresas por contaminación postcosecha de las frutas.	Mayor tiempo de vida útil de las fresas. Fresas en condiciones óptimas de almacenamiento y con características sensoriales aceptables para el consumidor.	Determinar las característica físico químicas de la fresas tratadas. Realizar pruebas microbiológicas estandarizadas. Determinar el comportamiento de las fresas almacenadas en condiciones adecuadas, 5°C con una humedad relativa del 85%.	Investigador: Egdo. Ángel Beltrán, Ph.D. Milton Ramos, Ing. Mario Álvarez.

Elaborado por: Ángel J Beltrán A.

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Tabla A 24. Previsión de la evaluación

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	- Fruticultores del país. - Distribuidores del país.
¿Por qué evaluar?	- Verificar la inocuidad y calidad de los productos. - Corregir errores en las características de conservación.
¿Para qué evaluar?	- Determinar la vida útil del producto.
¿Qué evaluar?	- Tecnología utilizada. - Materias primas. - Resultados obtenidos. - Producto terminado.
¿Quién evalúa?	- Director del proyecto. - Tutor. - Calificadores.
¿Cuándo evaluar?	- Todo el tiempo desde las pruebas preliminares hasta la obtención del producto.
¿Cómo evaluar?	- Mediante instrumentos estadísticos de evaluación.
¿Con qué evaluar?	- Experimentación. - Normas establecidas.

Elaborado por: Ángel J Beltrán A.

CAPÍTULO VII

MATERIALES DE REFERENCIA

7.1 Bibliografía

1. Allende, A., 2001. “Procesos de conservación de alimentos, Colección Tecnología de alimentos; Panorama Histórico de la conservación de alimentos”, pp19-32.

2. Almenar, E., 2005, “Envasado activo de fresas silvestres”, Universidad de Valencia, Tesis Doctoral, Artes Gráficas, España.

3. Alvarado, J., de Dios 1996, “Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos”, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Pág., 156, 157.

4. AOAC1980. “Methods of Analysis”. Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists. Thirteenth Edition. Washington.Dc.1018.

5. Ariel, R., 2004, “Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura sobre calidad y fisiología postcosecha de frutillas (Fragaria x ananassa Duch.)”. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas Departamento de Química. Trabajo de tesis doctoral. Argentina.

6. Avendaño, B. y Schwentesius S., 2002, “Inocuidad de hortalizas.”Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma de Chapingo.

7. Barka, E, y Kalantari., 2000. “Effects of UV-C irradiation on lipid peroxidation markers during repinig of tomato; Plant Physiol. 27:147-79.

8. Carballo, S. y Scalone, M., 2006.“Calidad de consumo en fresa (*Fragaria x ananassa)*. Programa Nacional de Horticultura”. Serie de Actividades de Difusión No. 443. Abril 5, 2006. Organiza: INIA – JUNAGRA.

9. Colomé, E., 1999, “Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmósferas modificadas”. Alimentación, Equipos y Tecnología, Tomo 5, Pág. 109-113.

10. Chávez, N. y Wang., 2004. “Combate del moho gris *(Botrytis cinerea)*de la fresa”, Agronomía Costarricense Tomo 28: Pág., 73-85.

11. 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.

12. Fernández, M. 2000. Review: Active food packaging. *Food Science and Technology International*, 6 (2): 79-108.

13. Fonseca J M, J W Rushing 2006 Effect of ultraviolet-C light on quality of fresh-cut watermelon. Postharv. Biol. Technol.40:256-261.

14. Folquier R.; 1986 “Parámetros de “Composición de de la fresa en la dieta diaria y fisiología de la familia de las rosáceas. Santiago Chile; Pag 85-90

15. García, J. y Aguilera, C., 1999. “Postharvest heat treatment on Spanish strawberry (*Fragaria* x *ananassa* cv. Tudla)”. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Tomo 43, Pág. 1489-1492.

16. Garafalo, N., 2005. “Incidencia de microondas y temperaturas y temperaturas de almacenamiento en la vida útil de la mora de castilla” Tesis de grado # 348. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos Universidad Técnica de Ambato Pág 85 – 88.

17. Giraldo, G., 2006.“El efecto del tratamiento de impregnación a vacío en la respiración de frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) mínimamente procesadas”. Vitae, 13.

18. González-Aguilar G., Wang C., Buta G. 2001. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. J Sci Food Agric. 84: 415-422.

19. Guerrero Beltrán J A, G V Barbosa Cànovas 2004. Advantages and limitation on processing foods by UV light. Food Sci. Technol. Internatel. 10:137-147.

20. 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. Pág 4 – 7.

21. Hoogerwerf, E., 2002. High-oxygen and high-carbon dioxide containing atmospheres inhibit growth of food associated moulds. Letters in Applied Microbiology, 35: 419-422.

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

23. Huber, D., 1984. “Strawberry fruit softening: the potential role of polyuronides and hemicelluloses”. Journal of Food Sci. 49, 1310-1315.

24. Leufvén, A. Stöllman, U., 1992.“Polymer films as aroma barriers at different temperatures. Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung”, 194: 355-359.

25. López-Malo, A.y Palou, E., 2005. Ultraviolet light and food preservation. En Novel Food Processing Technologies.

26. Mercier, J., 1993. Effet of UV-C on phytoalexin accumulation and resistance to *Botrytis cinerea* in stored carrots. J. Phytopathol. 139:17-35.

27. Mitchell, F., Mitcham, E., Thompson, J., y .Welch, N., 1996. “Handling Strawberries for Fresh Market. Agricultural Natural Resources. Special Publication”, 2442: 14.

28. Nigro F, A Ippolito, G Lima 1998. Use of UV-Clight to reduce Botrytis rot of table grapes. Postharv. Biol. Technol. 13:171-181.

29. Olías, J., 1998. “Postcosecha de la fresa de Huelva”. Principios básicos y tecnología. Instituto de la Grasa. CSIC. Sevilla. España. Pág 48 – 51.

30. Parra, A., y Hernández, J. 1997. Fisiología post cosecha de frutas y hortalizas. Universidad Nacional de Colombia. 63 pp.

31. Pelayo, C., y Kader, A. 2003. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 ºC in air or air + 20 KPa CO2.Postharvest Biology and Technology, 27: 171-183.

32. Pérez, A.G., Sanz, C., Olías, R., Olías, J.M. 1997: Effects of methyl jasmonate on in vitro strawberry ripening. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45: 3733-3737.

33. Raybaudi-Massilia R., Soliva R. y Martín O., 2006, “Uso de agentes antimicrobianos para la conservación de frutas frescas y frescas cortadas”, Proyecto XI.22 D, Simposio Ibero-Americano de Vegetales Frescos Cortados, San Pedro, SP Brazil.

34. Rivera, M., 2007. Aplicación de la ingeniería de matrices en la fortificación de radiación UV-C en mango. Universidad Autónoma de Perú. 96 pp.

35. Ro
36. binson, J., Browne, K.M., y Burton, W.G., 1975: “Caracterización de vegetales y frutas”, Dolmos, S.A. Buenos Aires – Argentina, pp, 120-142.

37. Salvatori, D., 1997.“Deshidratación osmótica de frutas: Cambios composicionales y estructurales a temperaturas moderadas”. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España.

38. Sagpya, 1998. “Frutilla Fresca de tucumán”. Apoyo a los exportadores Newsletter.

39. Vali, R.J. y Moorman, G.W., 1992. “Influence of selected fungicide regimes on frequency of dicarboximide-resistant and dicarboximide-sensitive strains of Botrytis cinerea”. Plant Disease, 76 (9): 919-924.

40. Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN 0411: 1979). Conservas vegetales, Fresas – Requisitos.

Páginas de Internet:

41. En:www.exportapymes.com/doc/apoyo_exportadores_sagpya/informe_sagpya_13.htm.

42. Ellis, 1994 Warner, 1995, “Curso Taller Vida útil Sensorial de alimentos”, Instituto Superior Experimental de Tecnología Alimentaria, Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos, disponible en www.cyted.org obtenido el 20/03/2009.
43. La Fresa, disponible en www.conlapanzallena.com.arobtenido el 18/09/2009.

44. El cultivo de la fresa, disponible en www.elcomercio.comobtenido el 25/09/2009.

45. Murcia, J., Hoyo., 2001 Características y aplicaciones de las plantas: el FRESAL (*Fragaria vesca*). En: hppt: //www.zonaverde.net/ fragariavesca.htm.

46. Darrow, G., 1966. “The Strawberry: History, Breeding and Physiology”, New York, Holt, Rinehart and Winston obtenido de www.wikipedia.org, obtenido el 10/10/2009.

47. (http://www.esebertus.com/blog/2009).

48. (http://www.esebertus.com/blog/2009).

49. http://www.esebertus.com/blog/2009/02/05/pulsos-de-radiaciòn-nuevas-tecnologias-de-conservacion-de-alimentos/.

50. http://www.cienciaperu.org/component/content/article/48-ciencias agrarias/115-ensayo-de-aplicacion-de-pulsos-luminosos-en-el-control-de-microorganismos-aerobios-mesofilos-en-leche-fresca.html.

Revistas técnicas

51. Cristiàn Gonzales y Garrido, Julio., 2001. La radiación ultravioleta, una solución amigable con el medio ambiente para la desinfección de agua, y frutas.

52. Almenar, E., 2005, “Envasado Activo de Fresas Silvestres”, Departamento de Bromatología, Salud Pública y Medicina Legal.

ANEXO A

Tabla A1. Infección fúngica (fracción) en fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	fracción de infección fúngica			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	0,6	0,4	0,4	0,47
a_0b_1	0,3	0,3	0,4	0,33
a_0b_2	0,5	0,2	0,7	0,47
a_1b_0	0,5	0,2	0,6	0,43
a_1b_1	0,3	0,3	0,5	0,37
a_1b_2	0,6	0,3	0,7	0,53
a_2b_0	0,4	0,8	0,4	0,53
a_2b_1	0,4	0,7	0,5	0,53
a_2b_2	0,3	0,8	0,6	0,57
Fresas sin tratamientos: 0,96				

SIMBOLOGÍA:

a_0 = 30 cm b_0 = 5 min

a_1 = 40 cm b_1 = 7.5 min

a_2 = 50 cm b_2 = 10 min

Tabla B1. Análisis de varianza de la (fracción) de infección fúngica en fresas tratadas con UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	0,0762963	2	0,0381481	1,04	0,3756
B: tiempo	0,0562963	2	0,0281481	0,77	0,4800
C: replicas	0,0540741	2	0,027037	0,74	0,4935
AB	0,0237037	4	0,00592593	0,16	0,9546
Error	0,585926	16	0,0366204		
Total	0,796296	26			

Tabla A2. Recuento total de mesófilos en fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	Mesófilos (UFC/g fresa)			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	$2.6x10^2$	$1.8x10^3$	$1.1x10^2$	$7.2x10^2$
a_0b_1	$49x10^2$	$1.6x10^3$	$1.0x10^2$	$7.5x10^2$
a_0b_2	$5.2x10^2$	$1.4x10^3$	$7.5x10^1$	$6.6x10^2$
a_1b_0	$1.3x10^2$	$2.3x10^2$	$6.5x10^1$	$1.4x10^2$
a_1b_1	$1.3x10^2$	$3.8x10^2$	$8.0x10^1$	$1.9x10^2$
a_1b_2	$1.2x10^2$	$5.2x10^2$	$7.5x10^1$	$2.4x10^2$
a_2b_0	$5.2x10^2$	$3.8x10^2$	$9.0x10^1$	$3.3x10^2$
a_2b_1	$5.0x10^2$	$3.1x10^2$	$1.2x10^2$	$3.1x10^2$
a_2b_2	$4.3x10^2$	$8.9x10^2$	$7.5x10^1$	$4.6x10^2$
Fresas sin tratamiento: $2.5x10^3$				

SIMBOLOGÍA:

a_0 = 30 cm b_0 = 5 min

a_1 = 40 cm b_1 = 7.5 min

a_2 = 50 cm b_2 = 10 min

Tabla B2. Análisis de varianza de recuento total de bacterias mesofilas en fresas tratadas con UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
A: distancia	1,26015E6	2	630075,0	5,03	0,0202*
B: tiempo	15238,9	2	7619,44	0,06	0,9413
C: replicas	2,65032E6	2	1,32516E6	10,57	0,0012**
AB	50561,1	4	12640,3	0,10	0,9806
Error	2,00605E6	16	125378,0		
Total	5,98232E6	26			

Tabla B2.1. Prueba de Tukey para el factor A (Distancia)

Niveles	Medias	GRUPOS
a_1	194.444	B
a_2	369.444	BA
a_0	714.444	A

Tabla A3. Mohos y levaduras en fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	MOHOS Y LEVADURAS (UFC/g fresa)			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	$1.0x10^2$	$4.8x10^2$	$7.0x10^1$	$2.1x10^2$
a_0b_1	$6.3x10^2$	$9.3x10^2$	$1.0x10^2$	$5.5x10^2$
a_0b_2	$7.5x10^2$	$3.2x10^2$	$1.0x10^2$	$3.8x10^2$
a_1b_0	$3.1x10^2$	$3.2x10^2$	$3.0x10^1$	$2.2x10^2$
a_1b_1	$3.8x10^2$	$3.0x10^2$	5.0x101	$2.4x10^2$
a_1b_2	$4.1x10^2$	$2.3x10^2$	$3.5x10^1$	$2.2x10^2$
a_2b_0	$3.8x10^2$	$5.6x10^2$	$7.5x10^1$	$3.4x10^2$
a_2b_1	$3.6x10^2$	$6.4x10^2$	$1.5x10^2$	$3.8x10^2$
a_2b_2	$8.0x10^2$	$1.1x10^2$	$2.2x10^2$	$3.8x10^2$
Fresas sin tratamiento: $9.8x10^2$.				

SIMBOLOGÍA:

a_0 = 30 cm b_0 = 5 min

a_1 = 40 cm b_1 = 7.5 min

a_2 = 50 cm b_2 = 10 min

Tabla B3. Análisis de varianza del recuento de mohos y levaduras en fresas tratadas conUV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
A: distancia	129891,0	2	64945,6	1,69	0,2164
B: tiempo	82646,7	2	41323,4	1,07	0,3653
C: replicas	749633,0	2	374817,0	9,73	0,0017
AB	93261,5	4	23315,4	0,61	0,6643
Error	616035,0	16	38502,2		
Total	1,67147E6	26			

Tabla A4. Coliformes en fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	COLIFORMES (UFC/g fresa)			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	$1.1x10^2$	$8.5x10^1$	$3.5x10^1$	$7.7x10^1$
a_0b_1	$1.1x10^2$	$1.0x10^2$	$4.5x10^1$	$8.7x10^1$
a_0b_2	$1.2x10^2$	$9.8x10^1$	$4.3x10^1$	$8.9x10^1$
a_1b_0	$1.0x10^2$	$6.5x10^1$	$3.5x10^1$	$6.8x10^1$
a_1b_1	$5.0x10^1$	$1.2x10^2$	$4.0x10^1$	$5.5x10^1$
a_1b_2	$7.0x10^1$	$1.5x10^1$	$7.5x10^1$	$5.3x10^1$
a_2b_0	$2.0x10^1$	$1.9x10^2$	$8.5x10^1$	$9.8x10^1$
a_2b_1	$1.1x10^2$	$1.0x10^2$	$7.5x10^1$	$9.7x10^1$
a_2b_2	$5.5x10^1$	$1.3x10^2$	$5.5x10^1$	$8.0x10^1$
Fresas sin tratamiento: $1.6x10^1$				

SIMBOLOGÍA:

a_0 = 30 cm b_0 = 5 min

a_1 = 40 cm b_1 = 7.5 min

a_2 = 50 cm b_2 = 10 min

Tabla B4. Análisis de varianza del recuento de coliformes en fresas tratadas con UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	5291,19	2	2645,59	1,41	0,2740
B: tiempo	248,963	2	124,481	0,07	0,9363
C: replicas	9821,41	2	4910,7	2,61	0,1046
AB	1021,26	4	255,315	0,14	0,9668
Error	30121,3	16	1882,58		
Total	46504,1	26			

Tabla A5.Vitamina C en fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	mg vitamina C/100 g			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	43,73	46,93	45,87	45,51
a_0b_1	39,47	42,67	50,13	44,08
a_0b_2	48,00	40,53	45,87	44,80
a_1b_0	40,53	38,40	50,13	43,02
a_1b_1	40,64	40,53	49,07	43,41
a_1b_2	48,00	45,87	49,07	47,64
a_2b_0	45,87	40,53	48,00	44,80
a_2b_1	45,87	48,00	45,87	46,57
a_2b_2	45,87	44,80	51,20	47,28
Fresas sin tratamiento: 48,89				

SIMBOLOGÍA:

a_0 = 30 cm b_0 = 5 min

a_1 = 40 cm b_1 = 7.5 min

a_2 = 50 cm b_2 = 10 min

Tabla B5. Análisis de varianza de la concentración de Vitamina C en fresas tratadas conUV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
A: distancia	13,1345	2	6,56723	0,72	0,5017
B: tiempo	24,5244	2	12,2622	1,35	0,2884
C: replicas	136,476	2	68,238	7,49	0,0051
AB	27,8547	4	6,96368	0,76	0,5640
Error	145,852	16	9,11577		
Total	347,842	26			

Tabla A6.Sólidos solubles (°Brix) en fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	Sólidos Solubles			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	10,27	8,50	9,27	9,34
a_0b_1	10,10	8,10	8,63	8,94
a_0b_2	9,67	8,60	9,00	9,09
a_1b_0	8,93	9,17	9,67	9,26
a_1b_1	9,53	8,70	9,67	9,30
a_1b_2	9,07	9,50	9,00	9,19
a_2b_0	8,63	8,07	10,07	8,92
a_2b_1	9,93	9,60	9,40	9,64
a_2b_2	10,70	8,63	9,70	9,68
Fresas sin tratamiento: 9,24				

SIMBOLOGÍA:

a_0 = 30 cm b_0 = 5 min

a_1 = 40 cm b_1 = 7.5 min

a_2 = 50 cm b_2 = 10 min

Tabla B6. Análisis de varianza de ºBrix en fresas tratadas con UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
A: distancia	0,375489	2	0,187744	0,50	0,6155
B: tiempo	0,106467	2	0,0532333	0,14	0,8688
C: replicas	3,70036	2	1,85018	4,93	0,0215
AB	1,24904	4	0,312261	0,83	0,5242
Error	6,00384	16	0,37524		
Total	11,4352	26			

Tabla A7.Porcentaje de acidez (ácido cítrico) en fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	Acidez (%ácido cítrico)			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	0,43	1,12	1,13	0,89
a_0b_1	0,45	1,24	1,04	0,91
a_0b_2	0,41	1,38	1,10	0,96
a_1b_0	0,70	1,07	1,14	0,97
a_1b_1	0,64	1,18	1,17	0,99
a_1b_2	0,62	1,20	1,15	0,99
a_2b_0	0,73	1,38	1,16	1,08
a_2b_1	0,80	1,17	1,13	1,03
a_2b_2	0,68	1,39	1,18	1,08
Fresas sin tratamiento: 0,97				

SIMBOLOGÍA:

a_0 = 30 cm b_0 = 5 min

a_1 = 40 cm b_1 = 7.5 min

a_2 = 50 cm b_2 = 10 min

Tabla B7. Análisis de varianza de la acidez (% ácido cítrico) en fresas tratadas con UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	0,0974	2	0,0487	4,34	0,0312*
B: tiempo	0,00548889	2	0,00274444	0,24	0,7858
C: replicas	2,05487	2	1,02743	91,60	0,0000*
AB	0,00944444	4	0,00236111	0,21	0,9288
Error	0,179467	16	0,0112167		
Total	2,34667	26			

Tabla B7.1. Prueba de Tukey para el factor A (Distancia)

Niveles	Medias	GRUPOS
a_0	0.922222	B
a_1	0.985556	BA
a_2	1.06889	A

Tabla A8. Firmeza en fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	FIRMEZA (kg/sq cm)			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	0,47	0,47	0,33	0,42
a_0b_1	0,50	0,57	0,33	0,47
a_0b_2	0,63	0,43	0,30	0,46
a_1b_0	0,80	0,60	0,40	0,60
a_1b_1	0,57	0,47	0,40	0,48
a_1b_2	0,73	0,53	0,57	0,61
a_2b_0	0,83	0,40	0,33	0,52
a_2b_1	1,00	0,47	0,43	0,63
a_2b_2	0,80	0,53	0,37	0,57
Fresas sin tratamiento: 0,70				

Tabla B8. Análisis de varianza de la firmeza de fresas tratadas con UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	0,0876519	2	0,0438259	3,72	0,0470*
B: tiempo	0,00378519	2	0,00189259	0,16	0,8528
C: replicas	0,470985	2	0,235493	20,00	0,0000*
AB	0,050037	4	0,0125093	1,06	0,4069
Error	0,188348	16	0,0117718		
Total	0,800807	26			

Tabla B8.1. Prueba de Tukey para el Factor A (Distancia)

Niveles	Medias	GRUPOS
a_0	0.447778	B
a_1	0.563333	A
a_2	0.573333	A

Tabla A9. Porcentaje de humedad en fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	[%]HUMEDAD			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	88,33	89,37	88,07	88,59
a_0b_1	87,07	93,98	91,86	90,97
a_0b_2	88,56	94,18	89,68	90,80
a_1b_0	94,61	96,37	88,12	93,03
a_1b_1	96,17	98,16	87,09	93,80
a_1b_2	98,75	97,05	88,96	94,92
a_2b_0	91,55	94,31	88,82	91,55
a_2b_1	93,20	95,97	88,61	92,59
a_2b_2	93,43	98,49	90,14	94,02
Fresas sin tratamiento: 94,79				

Tabla B9. Análisis de varianza en porcentaje de humedad en Fresas tratadas con UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	67,8721	2	33,936	5,12	0,0191*
B: tiempo	22,0847	2	11,0423	1,67	0,2203
C: replicas	177,848	2	88,9242	13,41	0,0004*
AB	3,07182	4	0,767956	0,12	0,9750
Error	106,085	16	6,6303		
Total	376,962	26			

Tabla B9.1. Prueba de Tukey para el factor A (Distancias)

Niveles	Medias	GRUPOS
a_0	90,1222	B
a_2	92,7244	BA
a_1	93,92	A

Tabla A10. pH de las fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	Ph			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	3,74	3,75	3,76	3,75
a_0b_1	3,81	3,83	3,63	3,75
a_0b_2	3,56	3,72	3,83	3,70
a_1b_0	3,75	3,81	3,85	3,80
a_1b_1	3,72	3,85	3,85	3,81
a_1b_2	3,70	3,79	3,77	3,75
a_2b_0	3,68	3,81	3,75	3,75
a_2b_1	3,75	3,85	3,75	3,79
a_2b_2	3,79	3,62	3,78	3,73
Fresas sin tratamiento: 3,55				

Tabla B10. Análisis de varianza de pH en fresas tratadas con UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	0,0122296	2	0,00611481	1,01	0,3859
B: tiempo	0,0135407	2	0,00677037	1,12	0,3507
C: replicas	0,0187185	2	0,00935926	1,55	0,2429
AB	0,00134815	4	0,000337037	0,06	0,9936
Error	0,0967481	16	0,00604676		
Total	0,142585	26			

Tabla A11.Concentración de antocianinos en fresas tratada con UV-C

Tratamiento	Concentración (nmol de glucosido 3 - pelargonidina/g fresa)			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	0,012	0,033	0,045	0,030
a_0b_1	0,017	0,038	0,033	0,029
a_0b_2	0,019	0,021	0,039	0,026
a_1b_0	0,018	0,023	0,031	0,024
a_1b_1	0,031	0,024	0,038	0,030
a_1b_2	0,015	0,021	0,037	0,024
a_2b_0	0,012	0,020	0,037	0,022
a_2b_1	0,015	0,021	0,038	0,024
a_2b_2	0,015	0,022	0,033	0,023
Fresas sin tratamiento: 0,024				

SIMBOLOGÍA:

a_0 = 30 cm b_0 = 5 min

a_1 = 40 cm b_1 = 7.5 min

a_2 = 50 cm b_2 = 10 min

Tabla B11. Análisis de varianza de concentración de antocianinos en fresas tratadas con UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	0,000108222	2	0,0000541111	1,76	0,2030
B: tiempo	0,0000646667	2	0,0000323333	1,05	0,3714
C: replicas	0,00176867	2	0,000884333	28,84	0,0000
AB	0,0000564444	4	0,0000141111	0,46	0,7639
Error	0,000490667	16	0,0000306667		
Total	0,00248867	26			

Tabla A12. Azúcares reductores en las fresas tratadas con UV-C

Tratamiento	AZÙCARES REDUCTORES 100mg/100 fresas			Promedio
	R1	R2	R3	
a_0b_0	4,456	6,614	6,693	5,92
a_0b_1	4,433	6,667	6,563	5,88
a_0b_2	5,676	6,774	6,640	6,36
a_1b_0	6,537	6,802	6,462	6,60
a_1b_1	6,563	6,747	6,747	6,68
a_1b_2	6,043	6,316	6,537	6,29
a_2b_0	5,508	6,437	6,222	6,05
a_2b_1	5,455	6,747	6,588	6,26
a_2b_2	5,714	6,857	6,640	6,40
Fresas sin tratamiento: 6,17				

SIMBOLOGÍA:

a_0 = 30 cm b_0 = 5 min

a_1 = 40 cm b_1 = 7.5 min

a_2 = 50 cm b_2 = 10 min

Tabla B12. Análisis de varianza de azúcares reductores en fresas tratadas con UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A: distancia	1,01397	2	0,506984	2,46	0,1172
B: tiempo	0,119554	2	0,0597771	0,29	0,7522
C: replicas	6,2321	2	3,11605	15,11	0,0002
AB	0,735451	4	0,183863	0,89	0,4914
Error	3,29909	16	0,206193		
Total	11,4002	26			

Tabla A13. Características de calidad de las fresas en los dos mejores tratamientos

Tratamientos	a_0b_1 (30 cm; 7,5 min)	a_1b_1 (40 cm; 7,5 min)
Infección fúngica	$0,33_{(a)}$	$0,37_{(a)}$
Bacterias	$750_{(b)}$	$198_{(a)}$
Hongo y levaduras	$557_{(a)}$	$245_{(a)}$
Coliformes	$87_{(a)}$	$55_{(a)}$
Vitamina C	$44,08_{(a)}$	$43,41_{(a)}$
Sólidos solubles	$8,94_{(a)}$	$9,3_{(a)}$
Ácidez	$0,91_{(a)}$	$0,99_{(a)}$
Firmeza	$0,47_{(b)}$	$0,48_{(a)}$
Humedad	$90,97_{(a)}$	$93,8_{(b)}$
pH	$3,75_{(a)}$	$3,81_{(a)}$
Antocianinas	$0,0291_{(a)}$	$0,0308_{(a)}$
Azúcares reductores	$5,88_{(a)}$	$6,68_{(a)}$

Lasletras diferentes dentro de la fila, significa diferencia significativa (Tukey $\alpha<0,05$).

Tabla A14. Análisis sensorial de aroma en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Catadores	Sin tratamiento	UV-C 40 cm-7,5 min
1	2	3
2	1	2
3	1	2
4	1	2
5	1	5
6	5	3
7	3	4
8	3	1
9	1	3
10	3	1
11	1	2
12	2	2
13	2	3
14	2	2
15	2	3
16	1	5
17	4	5
18	1	3
19	3	3
20	1	2
21	2	4
22	3	2
23	2	2
24	2	4
PROMEDIO	**2,04**	**2,78**

Tabla A15. Análisis sensorial de color en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Catadores	Sin tratamiento	UV-C 40 cm-7,5 min
1	3	5
2	2	5
3	4	4
4	5	3
5	2	1
6	5	4
7	5	5
8	1	5
9	3	4
10	3	2
11	1	4
12	2	4
13	4	3
14	5	5
15	3	2
16	2	3
17	5	3
18	2	3
19	3	4
20	3	5
21	1	4
22	3	4
23	1	4
24	1	5
Promedio	**2,88**	**3,79**

Tabla A16. Análisis sensorial de dulzor en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Catadores	Sin tratamiento	UV-C 40 cm-7,5 min
1	2	4
2	4	3
3	2	4
4	2	3
5	1	4
6	4	4
7	4	4
8	2	3
9	2	4
10	2	4
11	2	3
12	3	3
13	4	4
14	2	4
15	2	4
16	2	3
17	3	4
18	2	4
19	3	3
20	2	4
21	2	4
22	4	3
23	1	4
24	2	4
PROMEDIO	**2,46**	**3,67**

Tabla A17. Análisis sensorial de la textura en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Catadores	Sin tratamiento	UV-C 40 cm-7,5 min
1	3	3
2	3	4
3	3	3
4	4	3
5	5	2
6	5	5
7	4	5
8	3	4
9	4	3
10	2	2
11	3	3
12	4	4
13	3	3
14	3	2
15	3	2
16	2	2
17	3	2
18	4	4
19	2	2
20	3	2
21	2	1
22	4	4
23	4	2
24	4	3
Promedio	**3,33**	**2,92**

Tabla B14. Análisis de varianza del aroma en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A: tratamientos	0,1875	1	0,1875	0,13	0,7262
B: catadores	31,3125	23	1,36141	0,91	0,5859
Error	34,3125	23	1,49185		
Total	65,8125	47			

Tabla B15.Análisis de varianza del color en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
A:Tratamiento	10,0833	1	10,0833	5,96	0,0228
B:Catador	35,6667	23	1,55072	0,92	0,5819
Error	38,9167	23	1,69203		
Total	84,6667	47			

Tabla B16.Análisis de varianza del dulzor en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A:Tratamiento	0,666667	1	0,666667	3,14	0,1039
B:Catador	2,33333	11	0,212121	1,00	0,5000
Error	2,33333	11	0,212121		
Total	5,33333	23			

Tabla B17.Análisis de varianza del la textura en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F valor	Probabilidad
A:Tratamiento	2,66667	1	2,66667	2,59	0,1360
B:Catador	11,8333	11	1,07576	1,04	0,4721
Error	11,3333	11	1,0303		
Total	25,8333	23			

TablaA18. Recuento de microorganismos en fresas tratadas con UV-C durante el almacenamiento en refrigeración

	Bacterias mesófilas (UFC/g fresas)		Mohos y levaduras (UFC/g fresa)		Coliformes (UFC/g fresa)	
Días	**FCT**	**FST**	**FCT**	**FST**	**FCT**	**FST**
1	$3.8x10^{2}$	$4.5x10^{2}$	$3.8\ 10^{2}$	$4.9x10^{2}$	$1.3x10^{2}$	$2.1x10^{2}$
3	$4.9\ x10^{2}$	$7.3x10^{2}$	$5.6x10^{2}$	$6.9x10^{2}$	$1.7x10^{2}$	$2.5x10^{2}$
5	$5.8\ x10^{2}$	$9.1x10^{2}$	$6.8x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$2.1x10^{2}$	$3.6x10^{2}$
8	$7.8\ x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$7.4x10^{2}$	$8.8x10^{2}$	$2.5x10^{2}$	$4.0x10^{2}$
10	$9.6\ x10^{2}$	$1.3x10^{23}$	$8.6x10^{2}$	$9.1x10^{2}$	$2.9x10^{2}$	$4.7x10^{2}$
12	$1.0\ x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$9.5x10^{2}$	$1.1x10^{3}$	$3.4x10^{2}$	$5.1x10^{2}$

Tabla A19. Valores de ln de cada valor de UFC/gr. fresa para los cálculos de vida útil

	Bacterias		Mohos y levaduras		Coliformes	
t (seg)	**Ln (FCT)**	**Ln (FST)**	**Ln (FCT)**	**Ln (FST)**	**Ln (FCT)**	**Ln (FST)**
86400	5,95324	6,10925	5,94542	6,20051	4,86753	5,32301
259200	6,20456	6,59987	6,32794	6,53669	5,14749	5,65599
432000	6,37161	6,81564	6,52209	6,68461	5,34711	5,69036
691200	6,65929	7,13887	6,60935	6,77992	5,54126	5,94017
864000	6,86693	7,18539	6,76273	6,81892	5,66988	5,82895
1036800	6,95655	7,22402	6,85646	7,02554	5,83188	6,02102

Tabla A20. Valores de vida útil (días)

	Bacterias		Mohos y levaduras		Coliformes	
Fresas	**(FCT)**	**(FST)**	**(FCT)**	**(FST)**	**(FCT)**	**(FST)**
K	$1E^{-06}$	$1E^{-06}$	$9E^{-07}$	$7E^{-07}$	$1E^{-06}$	$6E^{-07}$
Vida ùtil (días)	10	8	10	9	9	7

Significado:

FCT: Fresas lavadas, sin pedúnculos, tratadas con radiación UV-C, y envasadas en bandejas de polipropileno a temperatura de 5°C con una humedad relativa de 85%.

FST: Fresas lavadas, sin pedúnculos, sin tratamiento UV-C, envasadas en bandejas de polipropileno a temperatura de 5°C con una humedad relativa de 85%.

ANEXO B

Gráfico 5. Infección fúngica (fracción) en fresas tratadas con UV-C

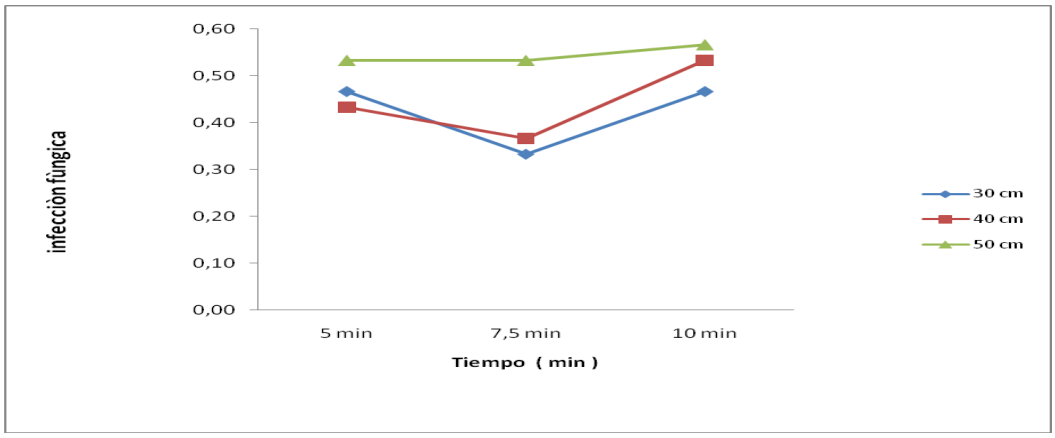


Gráfico 6. Recuento total de bacterias mesòfilas (UFC/g fresa) en fresas tratadas con UV-C

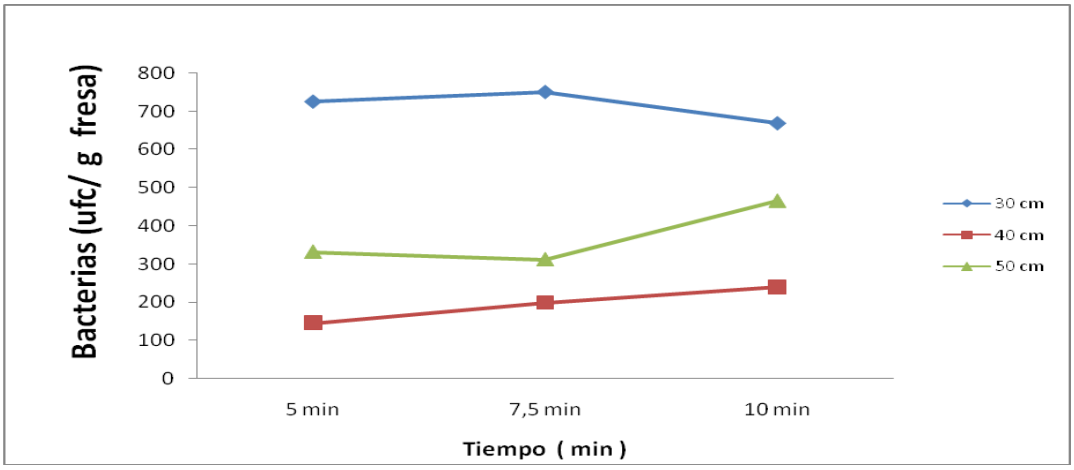


Gráfico 7. Recuento de mohos y levaduras (UFC/g fresa) en fresas tratadas con UV-C

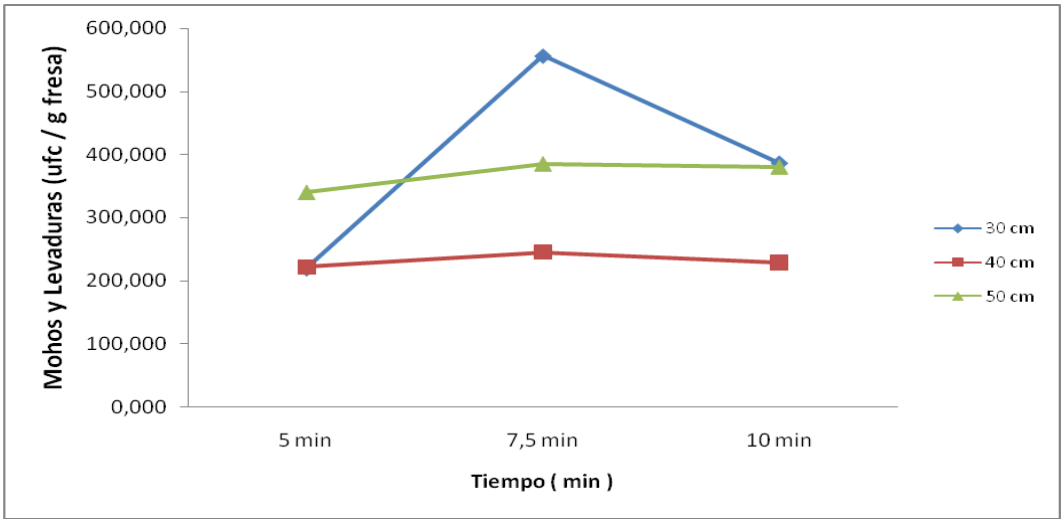


Gráfico 8. Recuento de coliformes (UFC/g fresa) en fresas tratadas con UV-C

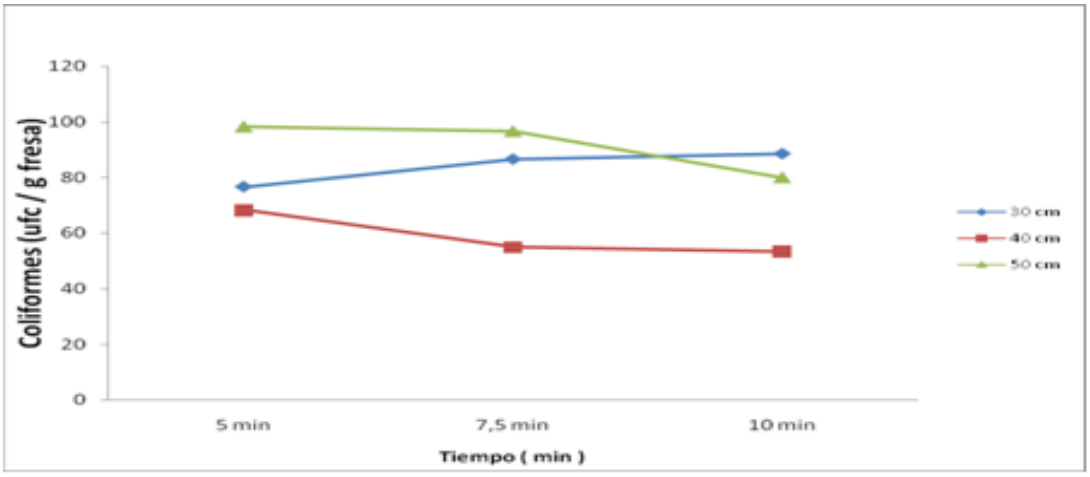


Gráfico 9. Contenido de vitamina C (mg/100g fresa) en fresas tratadas con UV-C

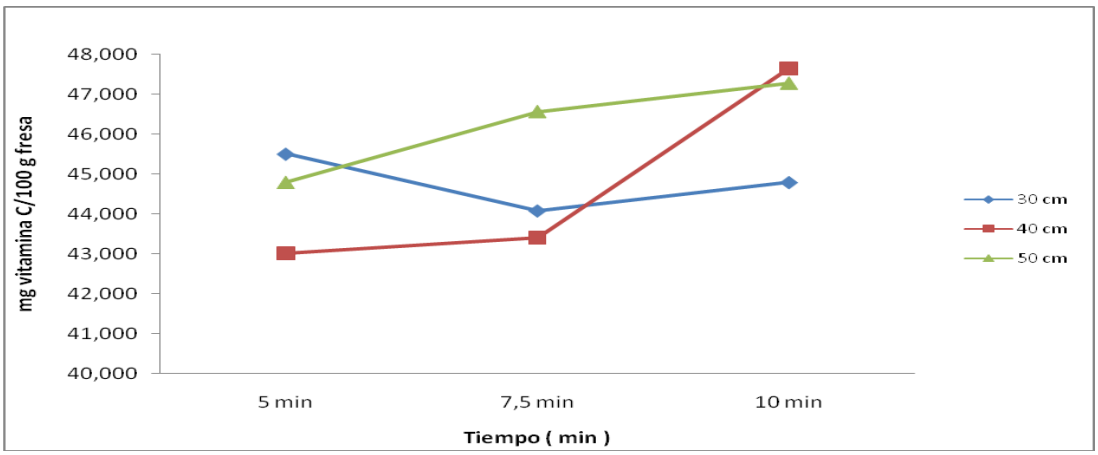


Gráfico 10. Sólidos solubles (ºBrix) en fresas tratadas con UV-C

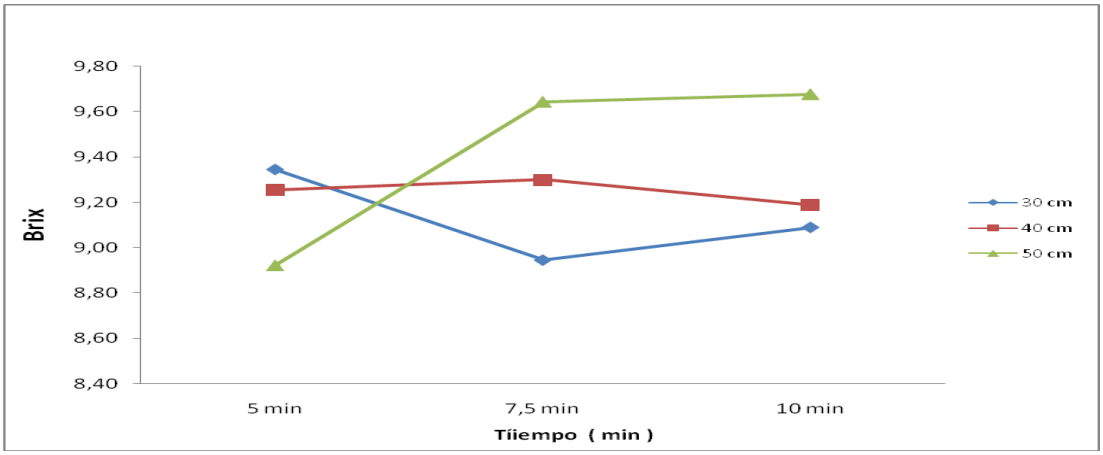


Gráfico 11. Porcentaje de Acido cítrico en fresas tratadas con UV-C

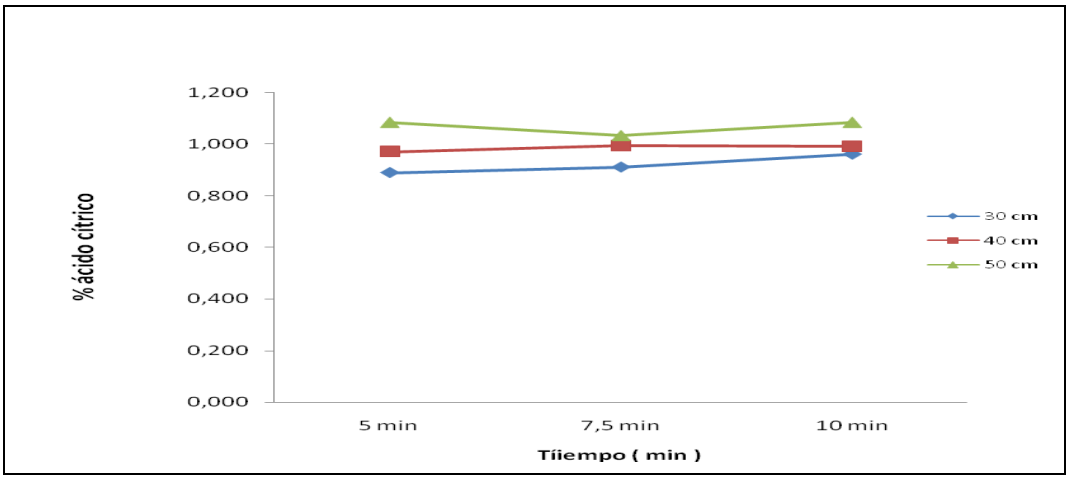


Gráfico 12. Firmeza en Fresas tratadas con UV-C

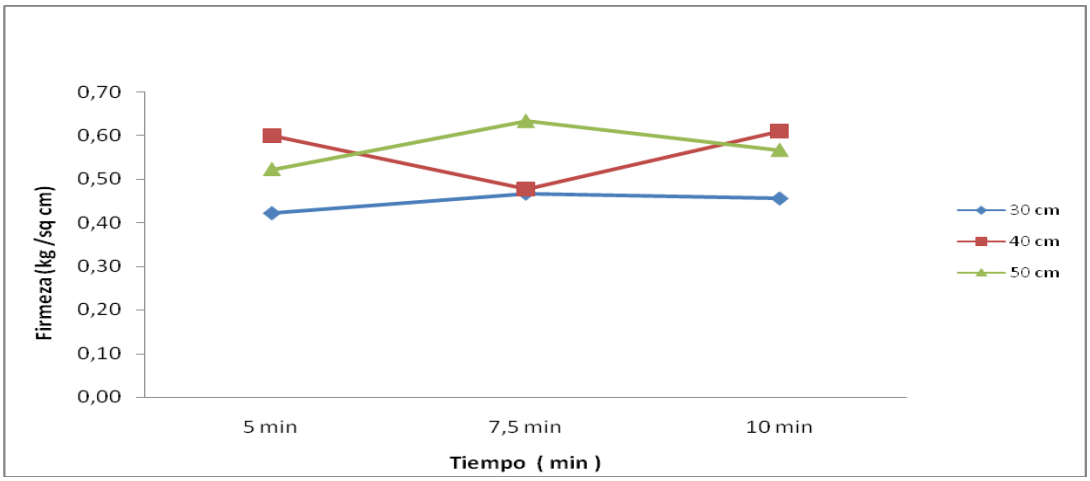


Gráfico 13. Porcentaje de humedad en fresas tratadas con UV-C

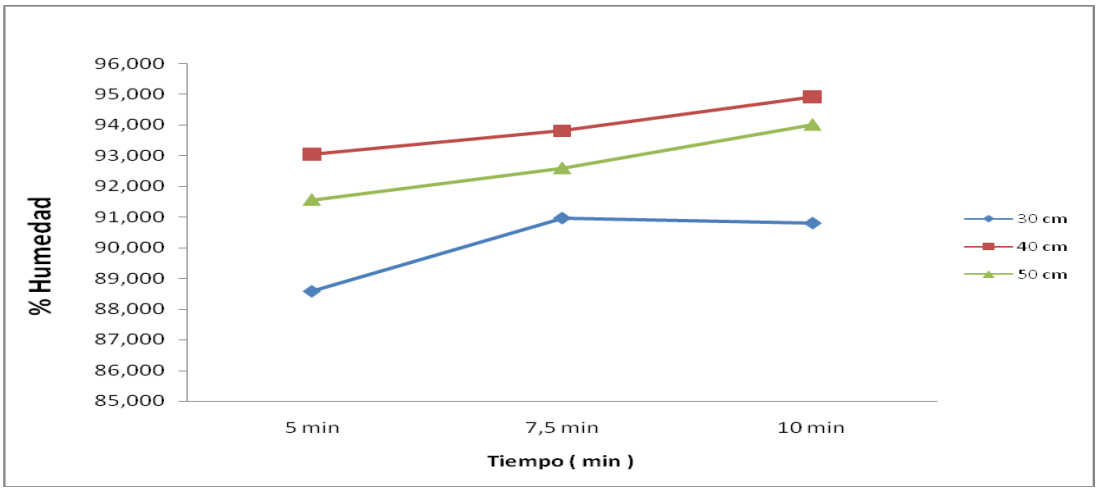


Gráfico 14. pH en fresas tratadas con UV-C

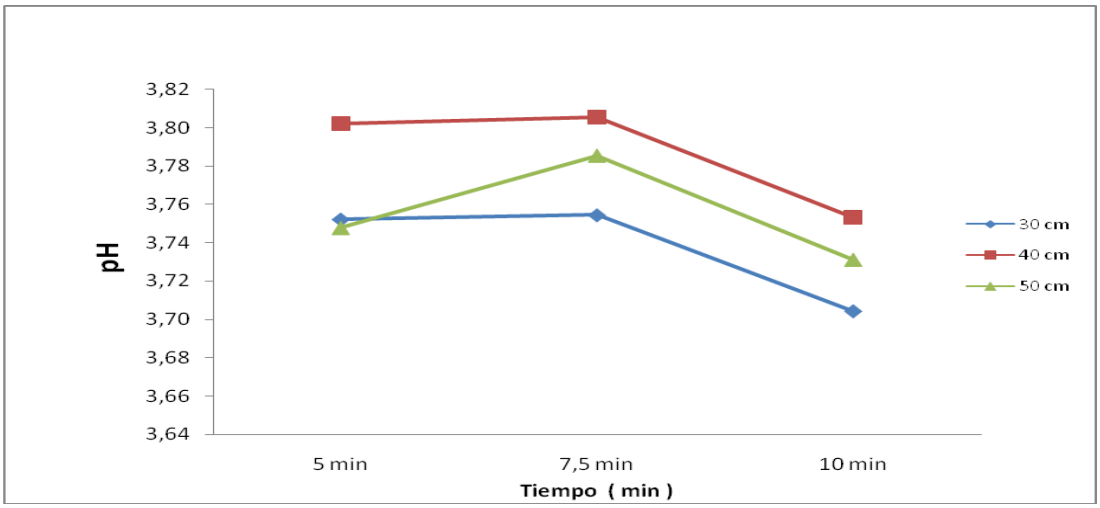


Gráfico 15. Antocianinos en fresas tratadas con UV-C

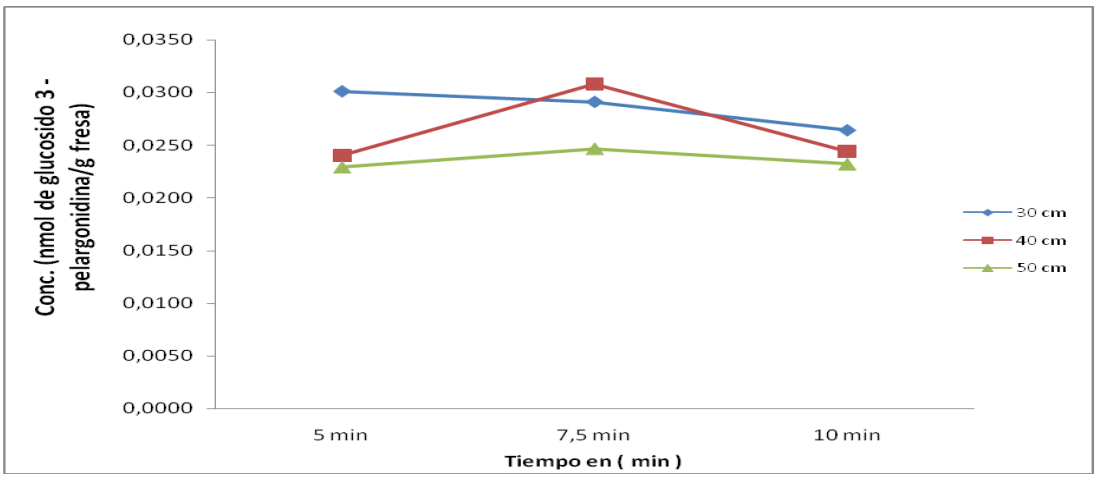


Gráfico 16. Azúcares reductores en fresas tratadas con UV-C

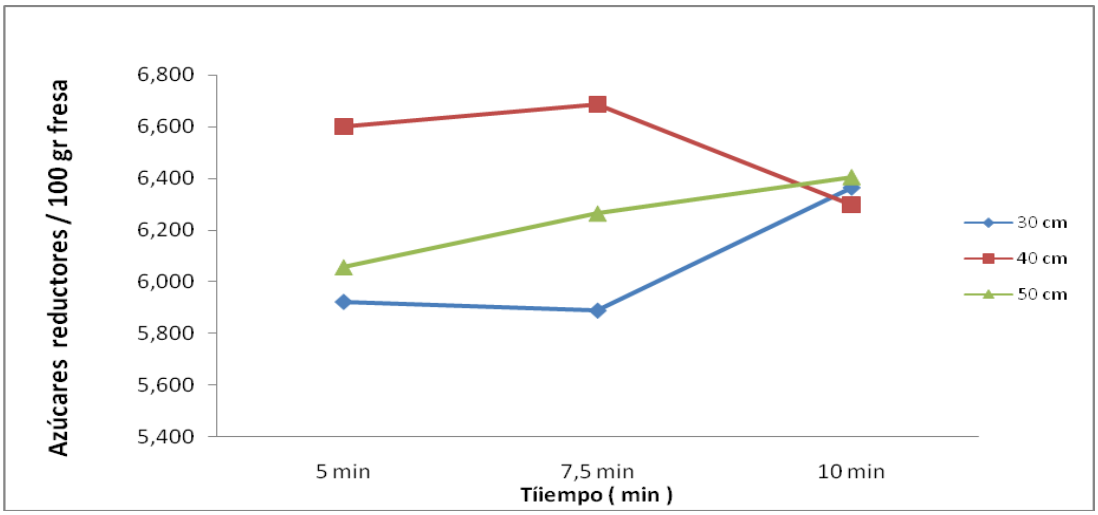


Gráfico 17. Aroma en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

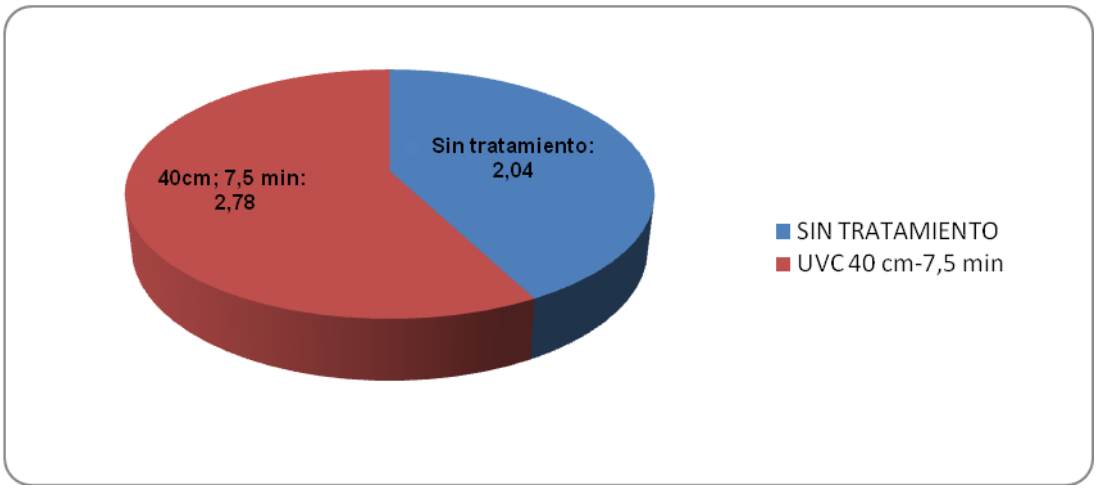


Gráfico 18. Color en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

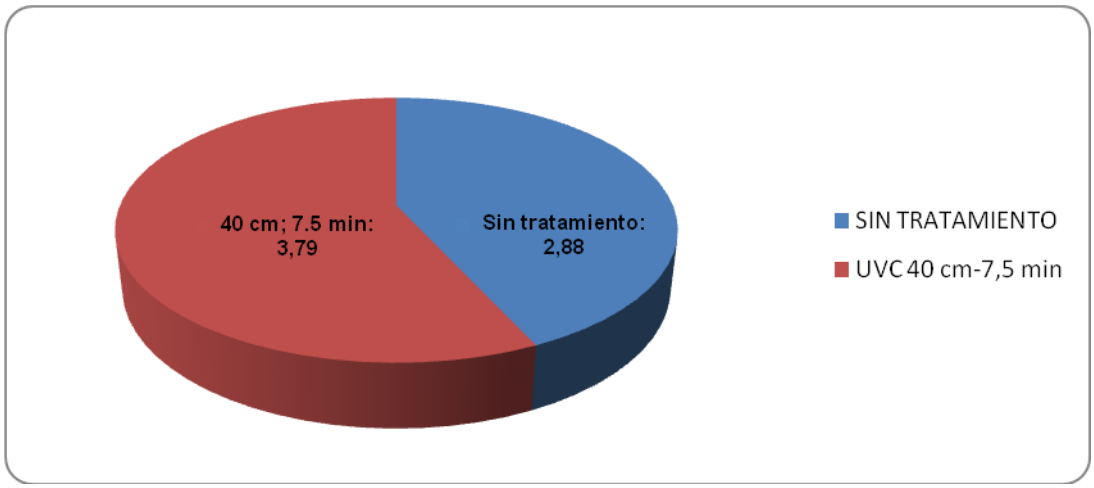


Gráfico 19. Dulzor en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

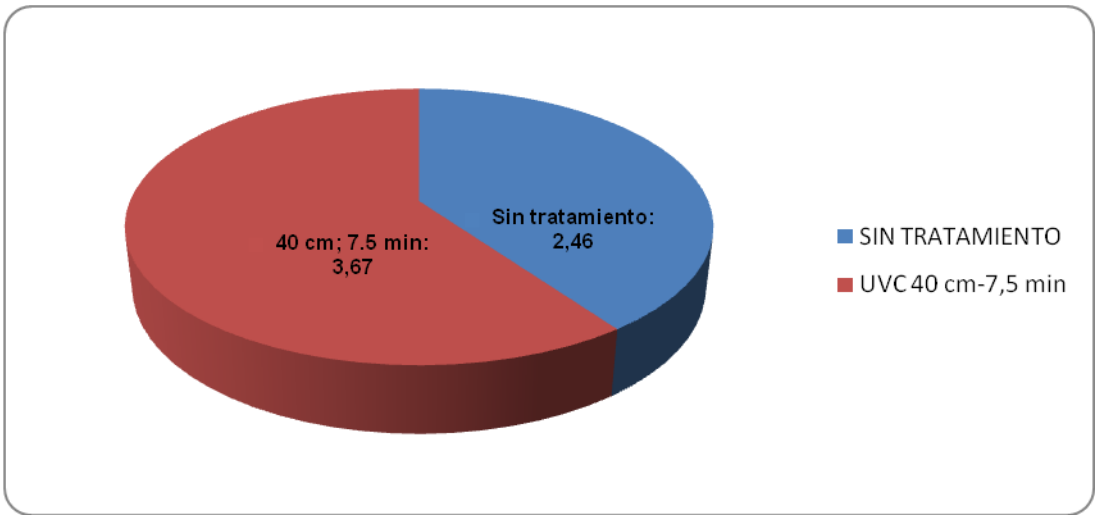


Gráfico 20. Textura en fresas sin tratamiento y con tratamiento UV-C

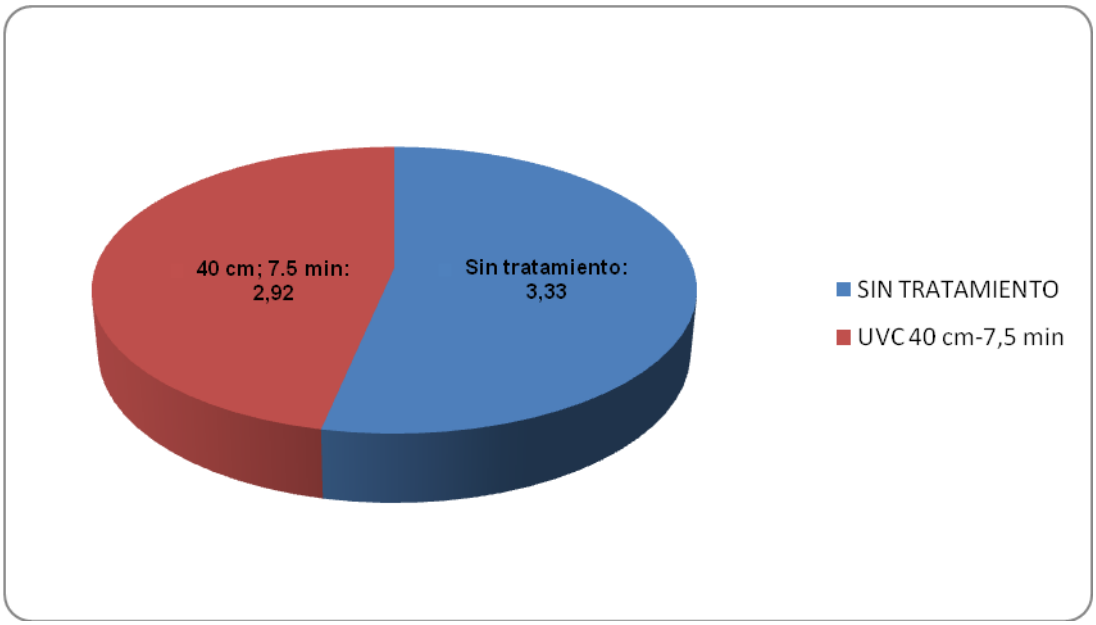


Gráfico 21. Recuento de bacterias mesofilas en la vida útil de fresas tratadas con radiación UV-C

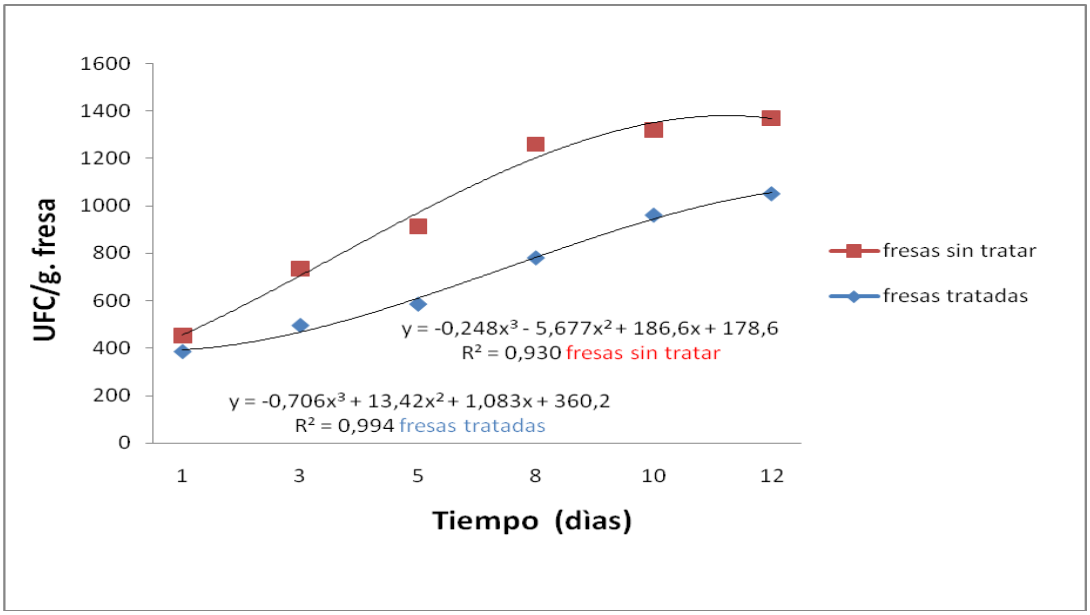


Gráfico 22. Recuento de mohos y levaduras en la vida útil de fresas tratadas con radiación UV-C

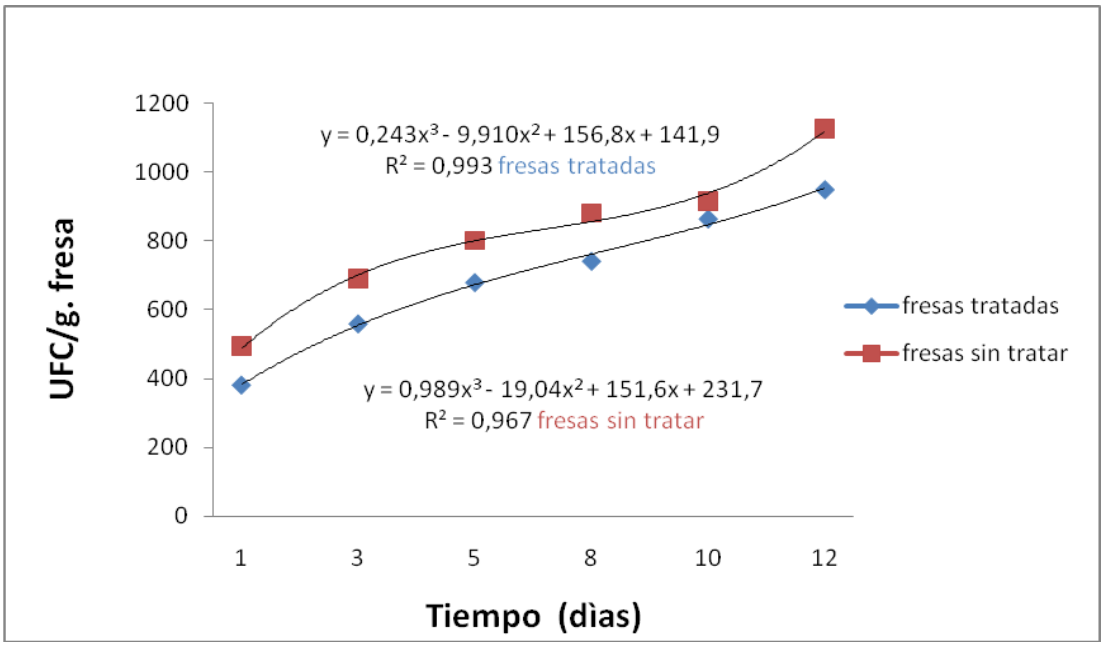


Gráfico 23. Recuento de coliformes totales en la vida útil de fresas tratadas con radiación UV-C

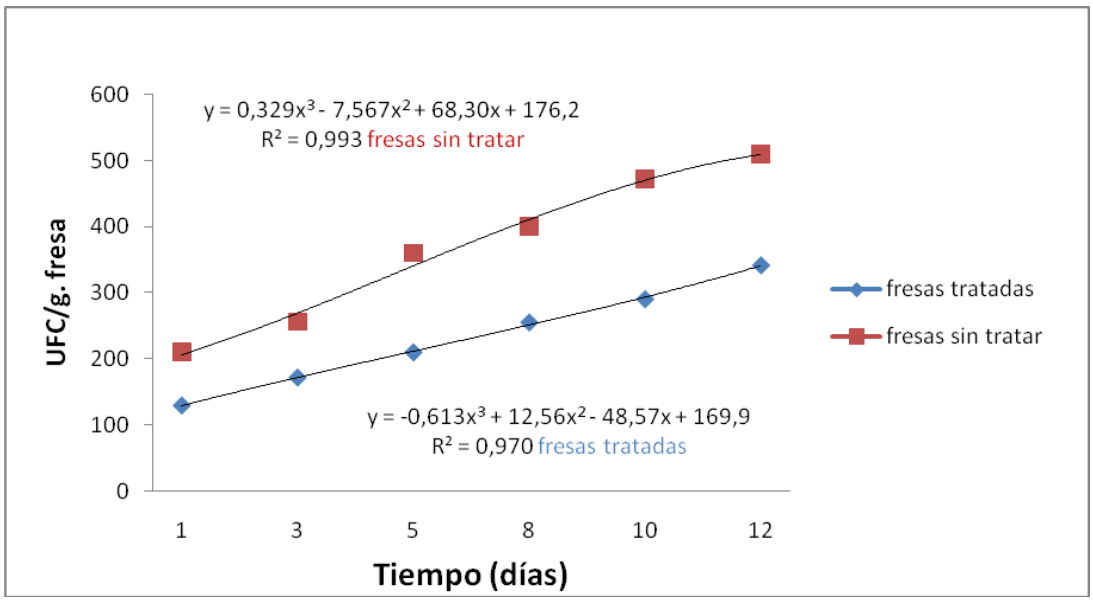


Gráfico 24. Tiempo vs. ln recuento total (bacterias)

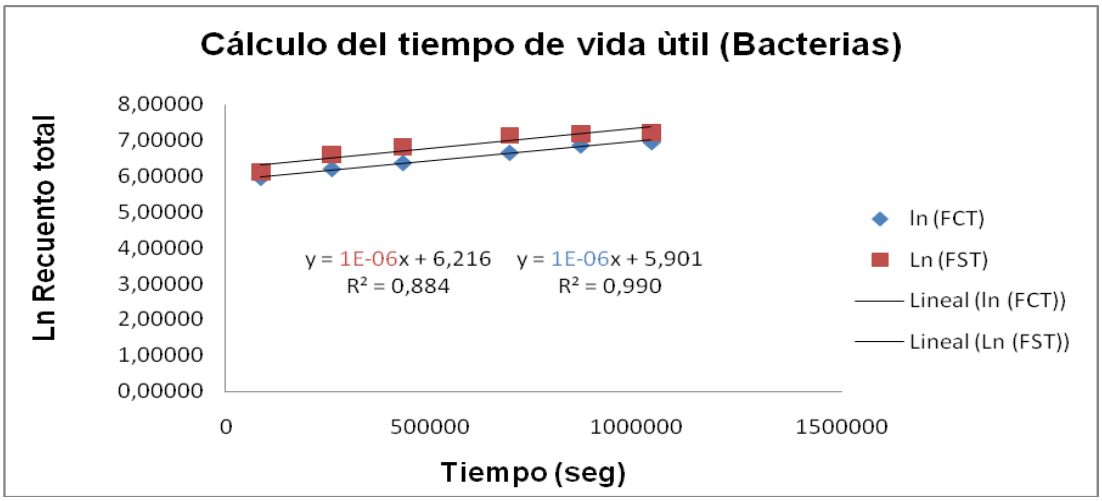


Gráfico 25. Tiempo vs. ln recuento (mohos y levaduras)

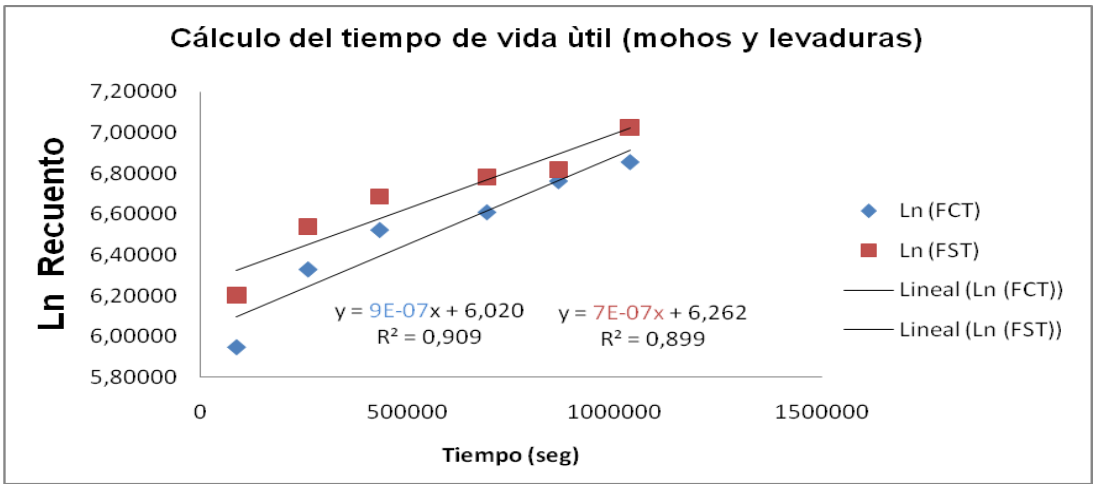
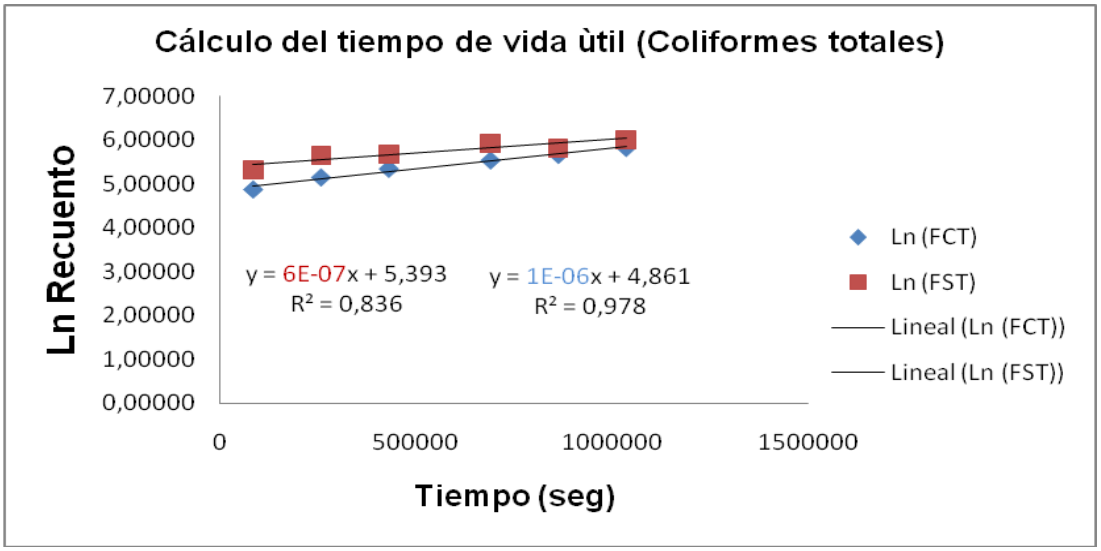


Gráfico 26. Tiempo vs. ln recuento (coliformes totales)



ANEXO C

FOTOGRAFÍAS

1. Cultivo de fresas Cantón Cevallos

2. Fresas cosechadas

3. Lavado de fresas

4. Camara UVC

5. Tratamiento UVC

6. Frutas irradiadas

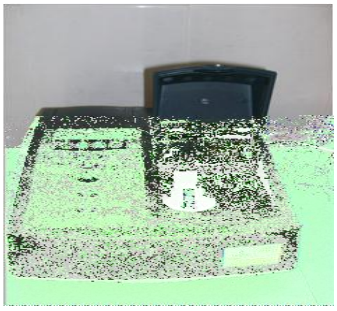
7. Fresas tratadas

8. Infección fúngica

9. Sólidos solubles

10. Humedad

11. Penetrabilidad

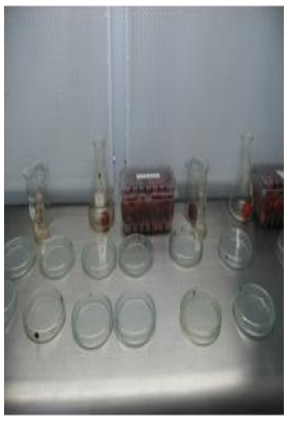


12. Antocianinos

13. pH

14.Vitamina C

15. Autoclave



16. Cámara de flujo laminar

17. Siembra

18. Conservación de fresas en refrigeración

19. Fresas conservadas

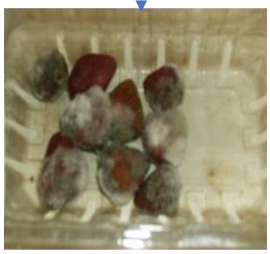
20. Análisis sensorial

COMPORTAMIENTO FÚNGICO EN FRESA SIN TRATAMIENTO Y CON TRATATAMIENTO UV-C

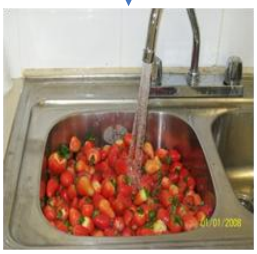
1. Cultivo de fresas en el Ecuador

2. Fresas cosechadas

Fresas sin tratamiento tercer día



Fresas sin tratamiento quinto día



3. Lavado de fresas

4. Tratamiento UV-C

5. fresas tratadas

EVALUACIÒN SENSORIAL PARA FRESAS SIN TRATAMIENTO Y CON TRATAMIENTO UV-C

Características	Alternativas	Puntaje	Muestras	
AROMA	Nada perceptible	1		
	Perceptible	2		
	Medianamente intenso	3		
	Intenso	4		
	Muy intenso	5		
COLOR	Rojo muy débil	1		
	Rojo	2		
	Rojo característico	3		
	Rojo intenso	4		
	Rojo brillante	5		
DULZOR	Nada dulce	1		
	Poco dulce	2		
	Muy dulce	3		
	Dulce	4		
	Demasiado dulce	5		
TEXTURA	Muy suave	1		
	Suave	2		
	Ni suave ni dura	3		
	Dura	4		
	Muy dura	5		

Comentario……..
……..
……
……
……