

MAESTRÍA EN AGROBIOTECNOLOGÍA

**UTILIZACIÓN ESTRATÉGICA DE TRES TÉCNICAS
POSTCOSECHA PARA AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DE LOS
FRUTOS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO(A) EN AGROBIOTECNOLOGÍA

PRESENTA:

José Gonzalo García Gutiérrez

DIRECTOR(A) DE TESIS:

M.C. Yolanda Ruíz Suárez

CODIRECTOR(A) DE TESIS:

M.T. Yolanda Martínez Andrade

Los Reyes de Salgado, Michoacán a 28 de octubre de 2022





EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes

LOS REYES, MICH., A 05 DE OCTUBRE DEL 2022.

ASUNTO: SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN
PARA IMPRESIÓN DE LA TESIS

ING. EDUARDO PULIDO TORO
COORDINADOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DE POSGRADO

P R E S E N T E

Por medio del presente le informo que ha sido revisado y liberado el siguiente proyecto para su autorización de impresión:

a) Nombre del Sustentante:	JOSÉ GONZALO GARCÍA GUTIÉRREZ
b) Maestría en:	Maestría en Agrobiotecnología
c) Matricula:	M20060416
d) Nombre del Proyecto:	UTILIZACIÓN ESTRATÉGICA DE TRES TÉCNICAS POSTCOSECHA PARA AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DE LOS FRUTOS
e) Producto	Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE:

Miembros del Comité Tutorial:

M.C. Yolanda Ruíz Suárez	M.C. Yolanda Martínez Andrade	M.C. Martha Elena Arroyo Valdés	M.A.P. Raúl Alvizar Manzo
Director de Tesis	Codirector Tesis	Tutor 1	Tutor 2



MAESTRÍA EN AGROBIOTECNOLOGÍA





LICENCIA DE USO DE OBRA

LICENCIA DE USO OTORGADA POR José Gonzalo Garcia Gutierrez, de nacionalidad mexicana mayor de edad, con domicilio ubicado en calle Jacaranda s/n, Nuevo Zirosto municipio de Uruapan Michoacán C.P. 60200, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada **UTILIZACIÓN ESTRATÉGICA DE TRES TÉCNICAS POSTCOSECHA PARA AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DE LOS FRUTOS** en adelante **“LA OBRA”** quien para todos los fines del presente documento se denominará **“EL AUTOR Y/O EL TITULAR”**, a favor del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrá por las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: **“EL AUTOR Y/O TITULAR”**, mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de **“LA OBRA”**, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de **“LA OBRA”** en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes; por lo tanto, **“ELAUTORY/O TITULAR”** conserva los derechos patrimoniales y morales de **“LA OBRA”**, objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el **“AUTOR Y/O TITULAR”** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **“LA OBRA”**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: **“EL AUTOR Y/O TITULAR”** manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de **“LA OBRA”** y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar



derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Los Reyes Michoacán, a los 11 días del mes de octubre de 2022.

"EL AUTOR Y/O TITULAR"

"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LOS REYES"

JOSÉ GONZALO GARCÍA GUTIÉRREZ

MTRO. HUGO VALDEZ VARGAS
DIRECTOR GEBERAL DEL ITSLR

SINTESIS CURRICULAR

José Gonzalo García Gutierrez es originario de Nuevo Zirosto, Uruapan. Michoacán., nació el 17 de diciembre de 1994 en el municipio de Paracho, Michoacán. En agosto de 2014 ingresó al Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, Michoacán, México y egresó en diciembre de 2019 con el título de Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable especialista en Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, de 2015 a 2016 laboró como auxiliar de inocuidad en Agrícola Berrietz SPR de RL ubicada en Los Reyes, Michoacán., de 2017 a 2018 laboró como jefe de inocuidad en Rancho Alegre SPR de RL ubicada en Cotija, Michoacán., durante el verano de 2018 realizó una estancia de investigación en el UNEXMAR en Mérida, Yucatán., participó en los concurso locales de prototipos en dos ocasiones en el 2018 y 2019 posterior a ello logró con el proyecto BIORSOIL participar en el nacional TecNM-POSiBLE de Fundación Televisa en la Ciudad de México en el 2018, con el mismo proyecto obtuvo el Primer Lugar Nacional en el ANFECA en la UNAM en el 2019, en su inquietud por innovar creó y diseñó un proceso para aumentar la vida útil de los frutos denominado PAVUF, con el cual logró participar en campamento nacional de POSiBLE 2019 donde aumentaron sus ganas por innovar pero al mismo tiempo crear ideas para solucionar problemas tangibles y obtuvo un pase al Foro internacional de Emprendimiento e Innovación de la Alianza del Pacifico en San Francisco, CA., de la misma manera obtuvo el Tercer Lugar Nacional en el ENEIT 2019 en Fresnillo, Zacatecas., con el mismo proyecto logró el Tercer Lugar Nacional en la exposición de carteles en el Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería en León, Guanajuato., participó en Expo Ideas Michoacán en el 2019 donde obtuvo pase internacional a la Copa Tecnociencias en Asunción, Paraguay 2020, se desempeñó como docente de asignatura a nivel preparatoria en ICEP Los Reyes durante el 2020. Realizó la Maestría en Agrobiotecnología en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, Michoacán., desde 2020 hasta 2022. Durante el periodo que curso sus estudios de postgrado participó en la Copa Tecnociencias Paraguay 2022 para galardonarse con el Segundo Lugar Internacional en la categoría de Tecnología y la acreditación al Feria Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en el año 2021 en Valledupar-Cesar, Colombia, donde obtuvo acreditación a la Copa Tecnociencias Paraguay 2022 y posee un artículo de divulgación científica en la Revista Saber Mas titulado “Al partir un aguacate en dos, ¿Se oxida?” publicado en el 2021, además de una patente en proceso por el trabajo de investigación de la Maestría la cual culmina con un promedio de 96.25.

Agradecimientos Institucionales

M.C. Yolanda Ruíz Suárez por formar parte de ese factor de cambio en mi persona, he aprendido muchísimo siendo su alumno, residente y tesista, obtuve herramientas que me servirán para mi desarrollo profesional del día a día, le aprecio bastante y le agradezco por creer en mí, por apoyarme e involucrarse en mis ideas.

M.C. Martha Elena, M.A.P. Raúl Alvizar y M.T. Yolanda Martínez, Gracias por su conocimiento, su tiempo y sus enseñanzas, por ser mis revisores y confiar en mi trabajo, al igual al Dr. Pablo quien me apoyó para entender las cuestiones estadísticas.

Compañeros, Ing. Johan, Ing. Patricia, Javier y Guadalupe que me apoyaron dentro de este proyecto.

Al Dr. Guillermo Alejandro Madrigal quien me impulsó y apoyó para continuar en esta aventura de la maestría y al Mtro. Hugo Valdez Vargas quien me apoyó como director en turno para culminar esta etapa.

También a mi institución donde me formé y crecí profesionalmente el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, siempre orgulloso de ser COYOTE y sobre todo TEC LOS REYES.

¡Gracias a ustedes!

Dedicatoria

A mi madre Eva.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor incondicional.

A mi padre Gonzalo.

Por apoyarme fielmente en todo, dejándome crecer y sobre todo sin limitarme para que pueda ser mejor cada día.

A mis hermanas.

Elizabeth por ser el ejemplo de una hermana mayor, de la cual aprendí aciertos y a salir adelante ante momentos difíciles; a mi hermana Norma quien ha estado a mi lado desde pequeño, a mi hermana Vera por apoyarme de todas las formas posibles para mi bien y mi formación, a mi hermana Natalia quien me ayudó en este proceso de estudio, a mi hermana Sheila por compartir lo poco que tiene conmigo para que yo siguiera de pie en la escuela y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
JUSTIFICACIÓN	14
HIPÓTESIS	16
OBJETIVOS	16
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO	17
1.1. Vida útil de los frutos	17
1.1.1. Desarrollo fisiológico de los frutos	18
1.1.2. Maduración, cambios bioquímicos y sensoriales	19
1.1.3. Factores postcosecha	20
1.1.4. Atributos de calidad de los frutos	21
1.2. Efecto de exposición a luz UV-C	24
1.2.1. Efecto antimicrobiano de la radiación UV-C en frutos	24
1.2.2. Exposición UV-C como único tratamiento	25
1.3. Tratamiento térmico.....	26
1.3.1. Variables manejables en el tratamiento térmico	28
1.3.2. Métodos para disminuir el daño por frío	29
1.4. Uso de recubrimientos comestibles para frutos	29
1.4.1. Desarrollo de recubrimientos comestibles	31
1.4.2. Materiales empleados como recubrimientos comestibles	31
1.4.3. Técnicas analíticas para evaluar los recubrimientos comestibles	32
1.5. Características generales del higo.....	32
1.5.1. Factores fisiológicos y bioquímicos	32
1.5.2. Manejo postcosecha	33
1.5.3. Principales enfermedades y fisiopatías postcosecha	34

1.5.4.	Vida de anaquel del producto	34
1.6.	Características generales del arándano	35
1.6.1.	Factores fisiológicos y bioquímicos	35
1.6.2.	Manejo Postcosecha	36
1.6.3.	Principales enfermedades y fisiopatías postcosecha	36
1.6.4.	Vida de anaquel del producto	37
CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....		38
2.1.	Material vegetal	38
2.2.	Exposición a luz UV (254 nm)	38
2.3.	Tratamientos térmicos	38
2.4.	Recubrimiento comestible	38
2.5.	Proceso.....	40
2.6.	Análisis de datos	40
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		43
3.1.	Tratamiento de luz UV	43
3.1.1.	Higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	43
3.1.2.	Higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente	45
3.1.3.	Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C	46
3.2.	Tratamiento aspersion de aire frio	48
3.2.1.	Higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	48
3.2.2.	Higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente	49
3.2.3.	Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	50
3.2.4.	Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente.	51

3.3. Recubrimiento comestible	52
3.3.1. Higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	52
3.3.2. Higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente	53
3.3.3. Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	54
3.3.4. Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente.	55
3.4. Proceso.....	56
3.4.1. Higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	56
3.4.2. Higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente	59
3.4.3. Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	61
3.4.4. Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente.	64
3.5. Discusión	66
CAPITULO 4. CONCLUSIONES.....	68
CAPITULO 5. RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Principales factores que afectan la calidad y vida de anaquel postcosecha de frutas y hortalizas. Fuente: Adaptado de Sharma y Singh, 2000.....	20
Tabla 1.2. Principales atributos de calidad de frutos frescos. Fuente: Adaptado de Falguera et al., 2011	22
Tabla 1.3. Clasificación de la longitud de onda de la radiación UV. Fuente: Adaptado de Guerrero-Beltrán y Barbosa-Cánovas (2004).....	24
Tabla 1.4. Frutas tratadas con radiación UV-C	26
Tabla 2.1. Formulaciones iniciales para el recubrimiento comestible.	39
Tabla 2.2. Formulaciones finales para el recubrimiento comestible.	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Etapas entre la formación del fruto y la senescencia. (Watada et al., 1984; Dos Santos et al., 2015).	18
Figura 1.2. Propiedades funcionales de un recubrimiento comestible en frutos. Fuente: Falguera et al., 2011.	31

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1. Efectos principales para pérdida de peso de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de distancia y tiempo de exposición de los frutos.	43
Gráfica 3.2. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, donde T0 representa al Testigo, T1 una distancia de 20 cm, T2 40 cm y T3 60 cm de separación respectivamente sobre las lámparas de UV; e intervalos de 5 min de tiempo partiendo en 5 min hasta llegar a 30 min combinado con los tratamientos de distancia.	44
Gráfica 3.3. Efectos principales de la firmeza del higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de distancia, tiempo y días de muestreo.	44
Gráfica 3.4. Efectos principales para pérdida de peso de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los factores de distancia y tiempo de exposición de los frutos.	45
Gráfica 3.5. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, donde T0 representa al Testigo, T1 una distancia de 20 cm, T2 40 cm y T3 60 cm de separación respectivamente sobre las lámparas de UV; e intervalos de 5 min de tiempo partiendo en 5 min hasta llegar a 30 min combinado con los tratamientos de distancia.	45
Gráfica 3.6. Efectos principales de la firmeza del higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente. medias ajustadas para los factores de distancia, tiempo y días de muestreo.	46
Gráfica 3.7. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de distancia y tiempo de exposición de los frutos.	46
Gráfica 3.8. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, donde T0 representa al Testigo, T1 una distancia de 20 cm, T2 40 cm y T3 60 cm de separación respectivamente sobre las lámparas de UV; e intervalos de 5 min de tiempo partiendo en 5 min hasta llegar a 30 min combinado con los tratamientos de distancia.	47

Gráfica 3.9. Efectos principales de la firmeza Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de distancia, tiempo y días de muestreo.	47
Gráfica 3.10. Efectos principales para pérdida de peso de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de temperatura y tiempo de exposición de los frutos.	48
Gráfica 3.11. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, donde se representa al Testigo, T1 -5 °C, T2 0 °C y T3 5 °C siendo la temperatura de exposición; e intervalos de 15 s de tiempo partiendo en 15 s hasta llegar a 45 s combinado con los tratamientos de temperatura de exposición.	49
Gráfica 3.12. Efectos principales para pérdida de peso de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los factores de temperatura y tiempo de exposición de los frutos.	49
Gráfica 3.13. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, donde se representa al Testigo, T1 -5 °C, T2 0 °C y T3 5 °C siendo la temperatura de exposición; e intervalos de 15 s de tiempo partiendo en 15 s hasta llegar a 45 s combinado con los tratamientos de temperatura de exposición.	50
Gráfica 3.14. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de temperatura y tiempo de exposición de los frutos.	50
Gráfica 3.15. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, donde se representa al Testigo, T1 -5 °C, T2 0 °C y T3 5 °C siendo la temperatura de exposición; e intervalos de 15 s de tiempo partiendo en 15 s hasta llegar a 45 s combinado con los tratamientos de temperatura de exposición.	51
Gráfica 3.16. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de temperatura ambiente, medias ajustadas para los factores de temperatura y tiempo de exposición de los frutos.	51
Gráfica 3.17. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente, donde se representa al Testigo, T1 -5 °C, T2 0 °C y T3 5 °C siendo la temperatura de exposición; e intervalos de 15 s de tiempo partiendo en 15 s hasta llegar a 45 s combinado con los tratamientos de temperatura de exposición.	52

Gráfica 3.18. Efectos principales para pérdida de peso de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los tratamientos.....	52
Gráfica 3.19. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	53
Gráfica 3.20. Efectos principales para pérdida de peso de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los tratamientos.	53
Gráfica 3.21. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente.	54
Gráfica 3.22. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los tratamientos. ...	54
Gráfica 3.23. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	55
Gráfica 3.24. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los tratamientos.....	55
Gráfica 3.25. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente.	56
Gráfica 3.26. Efectos principales para pérdida de peso de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C medias ajustadas para los tratamientos.....	56
Gráfica 3.27. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	57
Gráfica 3.28. Comportamiento y promedio de la firmeza de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	57
Gráfica 3.29. Comportamiento y promedio de los grados brix de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.....	58
Gráfica 3.30. Comportamiento y promedio de acidez titulable de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.	58
Gráfica 3.31. Efectos principales para pérdida de peso de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los tratamientos.	59
Gráfica 3.32. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente.	59

Gráfica 3.33. Comportamiento y promedio de la firmeza de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente.	60
Gráfica 3.34. Comportamiento y promedio de los grados brix de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperatura ambiente.	60
Gráfica 3.35. Comportamiento y promedio de acidez titulable de frutos de higo (<i>Ficus carica</i> L. var. Black Mission) a temperaturas ambiente.	61
Gráfica 3.36. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los tratamientos. ...	61
Gráfica 3.37. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.	62
Gráfica 3.38. Comportamiento y promedio de la firmeza de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.	62
Gráfica 3.39. Comportamiento y promedio de los grados brix de frutos de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.	63
Gráfica 3.40. Comportamiento y promedio de acidez titulable de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.	63
Gráfica 3.41. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los tratamientos.	64
Gráfica 3.42. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente.	64
Gráfica 3.43. Comportamiento y promedio de la firmeza de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente.	65
Gráfica 3.44. Comportamiento y promedio de los grados brix de frutos de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente.	65
Gráfica 3.45. Comportamiento y promedio de acidez titulable de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> var. Biloxi) a temperatura ambiente.	66

RESUMEN

La vida útil de las frutas y hortalizas juega un papel fundamental en la industria alimentaria, la implementación de técnicas postcosecha aseguran el crecimiento de la misma, llevando de la mano el incremento económico de la industria agrícola; mantener el control de los componentes que ocasionan daño a lo largo de este proceso de almacenamiento son el motivo de este trabajo. La vida útil de los frutos postcosecha se ve reducida puesto que, continúa respirando, madurando en algunas ocasiones e iniciando procesos de senescencia, todo lo que involucra una secuencia de cambios estructurales, bioquímicos y de elementos que son específicos para cada fruta. Por medio de la implementación estratégica de estas técnicas postcosecha se expone un proceso para incrementar la vida útil de los frutos, aplicado luego de ser cosechados, usando un procedimiento con Luz UV-C a 254 nm para la supresión de microorganismos, aspersión de viento frio con temperatura y tiempo específico para cada tipo de fruto y la aplicación de un recubrimiento natural para evitar la pérdida de agua de los frutos y el desarrollo de microorganismos, aceite de canela como mánager antifúngico y repelente contra insectos. El higo (*Ficus carica* L. var Black Mission), al evaluar la pérdida de peso y vida útil con la aplicación del tratamiento de luz UV-C obtuvo un mejor rendimiento al ser expuesto a 60 centímetros de distancia a lo largo de una época de 10 minutos, al ser tratado con aire frio muestra un rendimiento considerable al recibir 0 °C de temperatura a lo largo de un tiempo de 30 s, mientras tanto que, al emplear la formulación de 0.7 mL de cera de abeja + 2 mL de glicerol + 1.5 mL de aceite de aguacate + 1.5 mL de aceite de canela + 1 mL de lecitina de soya + 1 g de pectina y 2 g de grenetina. En general, como proceso se obtuvo un crecimiento en la vida útil de 24.88 días el testigo en refrigeración a 5 °C a 26.22 días con el proceso. El arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) obtuvo como consecuencia en la exposición del tratamiento de luz UV-C un mejor rendimiento al hallarse a 60 centímetros de distancia a lo largo de un tiempo de 20 minutos bajo el espectro de luz de 254 nm, en este mismo sentido, al ser expuesto a -5 °C a lo largo de un tiempo de 30 s como procedimiento de aire frio el resultado obtuvo un mayor rendimiento, del mismo modo el mejor resultado se presentó al usar la formulación de 0.7 mL de cera de abeja + 2 mL de glicerol + 1.5 mL de aceite de aguacate + 1.5 mL de aceite de canela + 1 mL de lecitina de soya + 1 g de pectina y 2 g de grenetina. Al utilizar el proceso la vida útil obtuvo un rendimiento de 31.72 días en el testigo ante 33.39 días con el proceso en refrigeración a 5 °C.

ABSTRACT

The useful life of fruits and vegetables plays a fundamental role in the food industry, the implementation of post-harvest techniques ensures its growth, leading hand in hand with the economic growth of the agricultural industry; Maintaining control of the components that cause damage throughout this storage process is the main purpose of this work. The shelf life of postharvest fruits is reduced since they continue to breathe, maturing on some occasions and initiating senescence processes, all of which involves a sequence of structural, biochemical and element changes that are specific to each fruit. Through the strategic implementation of these postharvest techniques, a process is exposed to increase the useful life of the fruits, applied after being harvested, using a procedure with UV-C Light at 254 nm for the suppression of microorganisms, cold wind spray with specific temperature and time for each type of fruit and the application of a natural coating to prevent water loss from the fruit and the development of microorganisms, cinnamon oil as an antifungal agent and insect repellent. The fig (*Ficus carica* L. var Black Mission), when evaluating the weight loss and useful life with the application of the UV-C light treatment, obtained a better performance when exposed to 60 centimeters of distance throughout a season of 10 minutes, when treated with cold air, shows considerable performance when receiving a temperature of 0 °C over a period of 30 s, meanwhile, when using the formulation of 0.7 mL of beeswax + 2 mL of glycerol + 1.5 mL of avocado oil + 1.5 mL of cinnamon oil + 1 mL of soy lecithin + 1 g of pectin and 2 g of gelatin. In general, as a process, a growth in the useful life of 24.88 days was obtained for the control in refrigeration at 5 °C to 26.22 days with the process. The blueberry (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) obtained as a consequence in the exposure of the UV-C light treatment a better performance when being 60 centimeters away over a time of 20 minutes under the light spectrum of 254 nm, In this same sense, when exposed to -5 °C over a period of 30 s as a cold air procedure, the result was focused on a higher yield, in the same way the best result was presented when using the 0.7 mL formulation of beeswax + 2 mL of glycerol + 1.5 mL of avocado oil + 1.5 mL of cinnamon oil + 1 mL of soy lecithin + 1 g of pectin and 2 g of gelatin. When using the process, the useful life obtained a performance of 31.72 days in the control compared to 33.39 days with the process in refrigeration at 5 °C.

INTRODUCCIÓN

Según la FAO cerca de 715 millones de toneladas de frutos se desperdician mundialmente al año, para México representa 20.4 millones de toneladas, siendo un 37% de la producción total de cosecha la cual serviría para alimentar a 7.01 millones de personas, todo esto debido a que los frutos después de ser cosechados se programan para morir debido a que son desprendidos de su fuente de nutrientes. La vida útil de los frutos postcosecha se ve limitada pues el fruto continúa respirando, madurando en algunos casos e iniciando procesos de senescencia, lo cual implica una serie de cambios estructurales, bioquímicos y de componentes que son específicos para cada fruta (Artés, 2000).

La industria frutícola representa uno de los mayores aportes a las exportaciones del país y también a su economía. Por ello, el aumento de la vida útil de los frutos es un desafío para la investigación una de ellas es la composición de películas que puedan recubrirlos e incrementar su durabilidad. Para cualquier fruta, se ha analizado que los principales parámetros a controlar para prolongar la vida útil son la temperatura y la humedad relativa durante el periodo de almacenamiento del producto.

El efecto germicida de la irradiación UV se ha empleado en diferentes alimentos como un método de desinfección superficial a temperatura ambiente que no deja residuos en el producto, por lo que se considera una buena alternativa para la conservación de alimentos. Su utilización a dosis bajas ha tenido éxito en la desinfección de frutas y hortalizas.

Mediante la utilización estratégica de estas técnicas postcosecha se plantea un proceso para aumentar la vida útil de los frutos, aplicado después de ser cosechados, utilizando un tratamiento con Luz UV-C a 254 nm para la eliminación de microorganismos, aspersión de aire frío con temperatura y tiempo específico para cada tipo de fruto y la aplicación de un recubrimiento natural comestible a base de cera de abeja evitando la pérdida de agua de los frutos y el desarrollo de microorganismos, aceite de canela como agente antifúngico y repelente contra insectos.

La evaluación de dichas técnicas en diferentes frutos permite una estandarización de dosis óptimas para cada uno de ellos, aplicando combinaciones entre las mismas para que permitan determinar el efecto presente en los frutos tratados.

Se pretende realizar la estandarización del proceso para diversos frutos de interés comercial considerando diversas dosis de exposición a luz UV, aspersion de aire frio y de la película comestible, con la finalidad de generar la adaptación y un banco de datos que permitan la automatización de este.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La vida útil de los frutos postcosecha se ve limitada pues el fruto continúa respirando, madurando en algunos casos e iniciando procesos de senescencia, lo cual implica una serie de cambios estructurales, bioquímicos y de componentes que son específicos para cada fruta (Artés, 2000). Asimismo, el producto cosechado está constantemente expuesto a la pérdida de agua debido a la transpiración y a otros fenómenos fisiológicos (Parikh *et al.*, 1990). Estos procesos tienen gran importancia pues influyen en cambios producidos durante el almacenamiento, transporte y comercialización (Parry, 1995). Estas transformaciones pueden seguir evolucionando hasta el deterioro de la fruta.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017), 715 millones de toneladas de frutos se desperdician anualmente en el mundo esto debido a que la vida útil de los mismos es muy corta, el acceso es limitado y es difícil que lleguen de manera fresca a más consumidores. La necesidad de dar respuesta a la demanda de productos sanos y prácticos ha supuesto la aplicación de varias tecnologías con un grado mayor o menor de procesamiento.

En la ciudad de Los Reyes, Michoacán cada año esta problemática va en aumento que limita el crecimiento económico de la región y la falta de aprovechamiento para las mermas de frutos, teniendo que desechar parte de la cosecha de los agricultores lo cual genera pérdidas para las empresas exportadoras.

JUSTIFICACIÓN

Los recubrimientos comestibles son una de las posibilidades que la industria está desarrollando de forma experimental para alargar la vida útil de los productos y conservar sus propiedades nutricionales y características sensoriales, al igual que la utilización de exposición a luz UV de los frutos para la eliminación de microorganismos presentes en su corteza al igual que acelera la producción de antocianinas teniendo como resultados alimentos funcionales.

El mercado internacional demanda que la prolongación de la vida útil de los alimentos se realice con productos naturales, descartando paulatinamente los productos químicos, por esta razón este proceso resuelve como necesidad principal el alargar la vida útil de los frutos puesto que al durar

pocos días después de ser cosechados, su acceso se ve limitado y con ello la cadena de comercialización se acorta, esta investigación contribuye a prolongar la vida de frutos para que con esto la cadena de comercialización se extienda y más personas puedan tener acceso a estos alimentos.

Dentro de la región de Los Reyes Michoacán se requiere dar solución a esta problemática que afecta a la producción, siendo esta actividad económica la principal fuente de ingresos para la sociedad que en ella habita.

HIPÓTESIS

La implementación de un proceso mediante el empleo de luz UV, aspersión de aire frío y la aplicación de un recubrimiento natural comestible, ayuda a disminuir la deshidratación, la tasa respiratoria y por lo tanto la oxidación, protegiendo de microorganismos a los frutos, generando una atmósfera modificada, lo cual retarda su proceso de senescencia.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un proceso para incrementar la vida útil de los frutos mediante la combinación estratégica de tres técnicas postcosecha.

Objetivos específicos

- Determinar la dosis óptima de exposición a luz UV para frutos (Tiempo y distancia).
- Implementar tratamientos térmicos para controlar la respiración y transpiración de frutos.
- Evaluar recubrimientos naturales para protección de frutos contra daños fisiológicos y bioquímicos.
- Diseñar, implementar y evaluar un proceso como método de conservación postcosecha mediante el uso de exposición UV, tratamiento térmico y una película comestible aplicada en frutos con la finalidad de aumentar su vida útil.

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Vida útil de los frutos

La vida útil de un alimento es el periodo de tiempo durante el cual éste se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables (Hough y Wittig, 2005).

Los frutos son productos altamente perecederos debido a su estructura celular y su intensa actividad metabólica (Dos Santos et al., 2015). Algunos procesos de deterioro originan a los agricultores pérdidas de hasta 40% del valor de la cosecha antes de que lleguen al consumidor (Kitinoja et al., 2011).

La mayoría de las frutas frescas son catalogadas como productos perecederos, por la tendencia inherente a sufrir deterioro fisiológico, presencia de infecciones o enfermedades o por el ataque de plagas; factores que inciden en las pérdidas desde el momento de cosecha, durante su acopio, distribución e incluso luego de adquiridas por el consumidor. La frecuencia de estas alteraciones se incrementa en la medida que el manejo de la fruta no es el adecuado (Alfárez, et al., 2003).

La aplicación de las tecnologías adecuadas para mantener la calidad depende del conocimiento de la estructura del fruto, la fisiología y las transformaciones metabólicas (Pech et al., 2013), por ello se han realizado estudios con el fin de comprender mejor el órgano floral y el desarrollo del fruto (Bao et al., 2010; Seymour et al., 2013), el papel de las hormonas y los genes relacionados con el desarrollo y la maduración (Alexander y Grierson, 2002; Cara y Giovannoni, 2008; Kumar et al., 2014), así como los desórdenes fisiológicos (Pegoraro et al., 2010) y las alteraciones epigenéticas asociadas a la maduración (Manning et al., 2006; Zhong et al., 2013).

La vida útil de los frutos postcosecha se ve limitada pues el fruto continúa respirando, madurando en algunos casos e iniciando procesos de senescencia, lo cual implica una serie de cambios estructurales, bioquímicos y de componentes que son específicos para cada fruta (Artés, 2000). El ablandamiento de los frutos es una serie de eventos genéticamente programados, caracterizados por procesos bioquímicos y fisiológicos que alteran su firmeza, color, sabor y textura (Nishiyama et al., 2007). Dado que la mayor parte de los atributos de

calidad son el resultado del proceso de maduración, se ha considerado esencial comprender los mecanismos regulatorios involucrados en esta etapa de desarrollo de los frutos (Bouzayen et al., 2010).

1.1.1. Desarrollo fisiológico de los frutos

El desarrollo del fruto acontece en tres etapas: crecimiento, desarrollo y maduración, seguidas por el ablandamiento y la senescencia (Alba et al., 2005). El fruto comienza a desarrollarse después de la polinización y la fertilización (O'Neill, 1997) a través de la división celular, fenómeno que se presenta en las primeras etapas del desarrollo (Dos Santos et al., 2015). Después de este periodo, el crecimiento ocurre debido al aumento de tamaño de la célula al aparecer las vacuolas. Esta etapa se caracteriza por el crecimiento y alargamiento del fruto, seguida por una fase de maduración, donde el número de células se mantiene relativamente constante, observándose un aumento en el tamaño de las mismas (Dos Santos et al., 2015). Esta expansión aumenta en la maduración, etapa donde el fruto es capaz de madurar aún adherido a la planta.

Dentro de las etapas mencionadas, ocurren varios pasos que se llevan a cabo entre el inicio del desarrollo del fruto y su senescencia (Figura 1.1). La madurez fisiológica ocurre antes del desarrollo completo del fruto que después de cosechado debe sobrevivir con sus propios sustratos acumulados. Este es un paso intermedio entre el fin del crecimiento y el inicio de la senescencia (Dos Santos et al., 2015). Las actividades bioquímicas y fisiológicas involucradas en el ablandamiento, como cambios en la firmeza y en la velocidad de respiración, entre otros; son irreversibles una vez iniciadas (Omboki et al., 2015). Solo pueden retrasarse o disminuir su velocidad con la aplicación externa de ciertos procedimientos (Omboki et al., 2015).

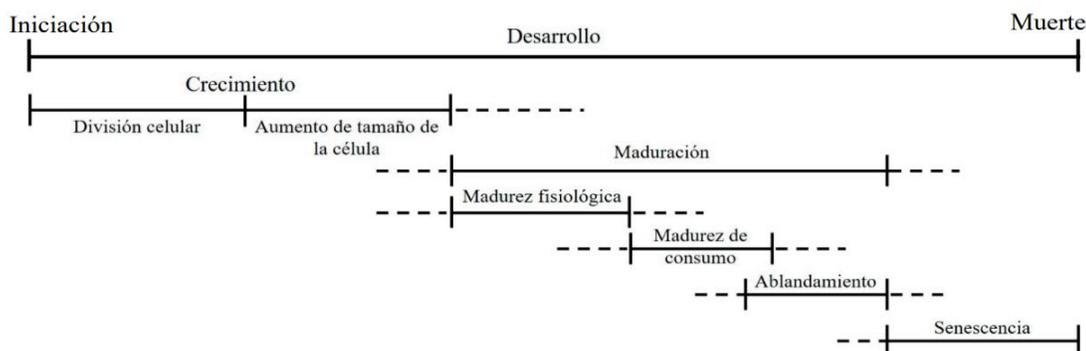


Figura 1.1. Etapas entre la formación del fruto y la senescencia. (Watada et al., 1984; Dos Santos et al., 2015).

1.1.2. Maduración, cambios bioquímicos y sensoriales

En las etapas finales del crecimiento y el desarrollo, tiene lugar el proceso de maduración en dos pasos: la madurez fisiológica, es cuando el fruto alcanza su máximo tamaño y el mayor vigor de las semillas; y segundo, la madurez de consumo, aquí los cambios del fruto incluyen: 1) Modificación del color a través de la alteración en el contenido de clorofilas, carotenoides y la acumulación de los flavonoides; 2) Modificación de la textura vía alteración del turgor celular y de la estructura de la pared celular y por el metabolismo; 3) Modificación de azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles que afectan la calidad nutricional, el sabor y el aroma del fruto; 4) Aumento en la susceptibilidad al ataque de patógenos oportunistas que están asociados a la pérdida de integridad de la pared celular (Giovannoni, 2004; Seymour et al., 2013; Dos Santos et al., 2015).

En la modificación de color se sabe que los pigmentos son esenciales para que los frutos sean atractivos, se acumulan comúnmente en la cutícula durante el proceso de maduración, aunque algunos frutos climatéricos también acumulan pigmentos en el tejido de la pulpa durante la maduración postcosecha, a diferencia de los frutos no climatéricos (Bouzayen et al., 2010).

Los pigmentos más importantes son los carotenoides y las antocianinas (Bartley y Scolnik, 1995). Además de su papel en la pigmentación, son importantes para la salud humana como fuentes de vitamina A y compuestos antioxidantes, respectivamente (Bartley y Scolnik, 1995).

Los carotenoides comprenden a los carotenos, como el licopeno, el β -caroteno y las xantofilas que incluyen a la luteína (Bouzayen et al., 2010). Las antocianinas pertenecen a la subclase flavonoide de los compuestos fenólicos (He y Giusti, 2010).

La modificación de la textura es uno de los principales factores asociados con el deterioro postcosecha de los frutos, que provoca una vida de anaquel más corta, reduciendo los tiempos de transporte y distribución y aumenta las pérdidas postcosecha (Bapat et al., 2010). El aroma es una mezcla compleja de un amplio rango de compuestos. Los compuestos volátiles del aroma contribuyen decisivamente a la calidad sensorial de los frutos (Bouzayen et al., 2010).

1.1.3. Factores postcosecha

Los frutos sufren varios cambios fisiológicos durante el almacenamiento postcosecha, incluyendo ablandamiento de tejido, aumento en niveles de azúcar, y descenso en los niveles de ácidos orgánicos, degradación de clorofila, acompañada por la síntesis de antocianinas o carotenoides durante la maduración, producción y pérdida de compuestos volátiles de sabor, descenso en el contenido fenólico y aminoacídico, y el rompimiento de materiales celulares debido a la respiración (Bautista-Baños et al., 2006) (Tabla 1.1).

Tabla 1.1.

Principales factores que afectan la calidad y vida de anaquel postcosecha de frutas y hortalizas.

Factores físicos que contribuyen a la pérdida de calidad postcosecha.	
1.	Pérdida de humedad, causando marchitamiento y/o encogimiento.
2.	Pérdida de energía de almacenamiento (tales como carbohidratos).
3.	Pérdida de otros constituyentes de los alimentos (como vitaminas).
4.	Ataques de pesticidas o enfermedades.
5.	Pérdida en calidad por desórdenes fisiológicos.
6.	Desarrollo de fibra.
7.	Enverdecimiento (papas).
8.	Crecimiento de raíz y brotes.
Daños en productos frescos.	
1.	Crecimiento y actividad de microorganismos patógenos.
2.	Insectos y roedores.
3.	Acción/daño inapropiado debido a enzimas de las plantas.
4.	Cambios fisiológicos originados por congelamiento, sequedad y presión, entre otros.

Nota: Adaptado de Sharma y Singh, 2000.

El procedimiento postcosecha determina la extensión de la variabilidad en madurez y daños fisiológicos. Los cuales llevan a la pérdida de agua y vitamina C y aumenta la susceptibilidad para la descomposición por hongos o patógenos durante el almacenamiento (Bautista-Baños et al., 2006). La temperatura y la humedad relativa (RH) afectan directamente la respiración postcosecha y la transpiración de los frutos.

La temperatura elevada acelera la velocidad de respiración, ocasionando un aumento en la producción de etileno y niveles altos de dióxido de carbono, y así cambios en sabor, color, textura, apariencia y nutrimentos de los productos (Lucera et al., 2011). Procedimientos adecuados de manejo postcosecha deben aplicarse, incluyendo el control de temperaturas

(frescas) y humedad relativa, atmósferas (contenido de oxígeno y dióxido de carbono), limpieza, encerado, y aplicación de empaques.

Dicho factor de temperatura de los productos frescos se debe reducir inmediatamente después de la cosecha y debe controlarse por encima del daño por frío. Los ambientes con atmósferas modificadas (MA) con oxígeno reducido y niveles elevados de dióxido de carbono por encima del 10 %, han demostrado reducir la pérdida de ácido ascórbico y extiende la vida postcosecha de numerosas variedades de frutos (Bico et al., 2009). Sin embargo, la respuesta al ambiente varía entre especies, estado de madurez, duración y exposición a una temperatura dada. El etileno generalmente promueve el proceso de maduración de frutas y hortalizas. La exposición de frutas y hortalizas a cantidades no deseadas de etileno se debe evitar al regular con aire fresco la cantidad de etileno presente en los cuartos de almacenamiento.

Las frutas y hortalizas son susceptibles a la descomposición por microorganismos. La descomposición postcosecha se ha estimado un cuarto del total del producto cosechado. La supervivencia y crecimiento de microorganismos patógenos son la mayor preocupación en las frutas y hortalizas frescas mínimamente procesadas, debido a la contaminación durante la preparación e incremento de nutrimentos en el fluido celular en la superficie cortada de los productos.

El implementar una operación de sanitización postcosecha apropiada durante la preparación, procesamiento y mantenimiento del producto en refrigeración y condiciones de sanitización es esencial para controlar el crecimiento microbiano, y así proporcionar productos seguros y de gran calidad (Cagri et al., 2004).

1.1.4. Atributos de calidad de los frutos

En función de la calidad del producto, el conocimiento de las características físicas y las propiedades mecánicas juegan un papel indispensable para lograr una buena presentación y conservación, que permite definir el manejo más adecuado del producto durante los periodos de precosecha, cosecha y postcosecha (Yirat et al., 2009).

Los atributos más importantes que contribuyen al mercadeo de los alimentos frescos y mínimamente procesados incluyen la apariencia, color, textura, sabor, valor nutrimental y

seguridad microbiana (Tabla 1.2). Estos atributos de calidad están determinados por la variedad de las plantas, estado de madurez, y las condiciones de pre y postcosecha, y todas pueden cambiar rápidamente durante la etapa de postcosecha.

Tabla 1.2.

Principales atributos de calidad de frutos frescos.

Factor de calidad	Aspecto considerado
Apariencia (visual)	Tamaño Contorno y forma Color: intensidad, uniformidad Brillo Defectos
Textura (sensación bucal)	Firmeza/suavidad Crujientes Jugosidad Fibrosidad
Sabor (sabor, aroma)	Dulzura Acidez Astringencia Amargor
Valor nutrimental	Compuestos volátiles Vitaminas Minerales
Seguridad	Sustancias tóxicas Contaminantes químicos Contaminación microbiana

Nota: Adaptado de Falguera et al., 2011

La apariencia es el atributo de mayor importancia en alimentos frescos y mínimamente procesados, con aspectos primarios considerados como tamaño y uniformidad de color, brillantez, y ausencia de defectos de contorno o aspecto de la piel (Falguera et al., 2011).

Alguna frutas y hortalizas sufren cambios de color como parte del proceso de maduración. El color es de suma importancia en frutas y hortalizas frescas y cortadas, dada la oxidación y encafecimiento enzimático que se presenta rápidamente al tener contacto con el oxígeno resultando en una decoloración. Otro aspecto de apariencia incluye una irregularidad en el tamaño y dimensión, pérdida de brillantez, piel arrugada y manchada causada por la madurez o el crecimiento microbiano (Castillo et al., 2010).

La textura de frutos frecuentemente se considera en términos de firmeza, crujencia, jugosidad, y dureza (atribuida a la fibrosidad del tejido vegetal), donde el tejido firme o crujiente es generalmente deseado en frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas. La textura es un indicador de la calidad muy importante para el consumo y preparación, además de indicar efectos de estrés durante la transportación. Sin embargo, el desarrollo de fibra en los tallos, como en el espárrago, o endurecimiento ocasionado por la deshidratación en productos frescos es inaceptable. La pérdida en jugosidad tiene como consecuencia estructuras secas y duras que originan efectos adversos en la calidad (Emboscada y Huber, 2009).

El sabor involucra la percepción de varios componentes de sabor y aroma (Castillo et al., 2010). Los componentes comunes del sabor en alimentos frescos son dulzura, acidez, astringencia y amargor. El nivel de azúcar en frutas frecuentemente determina si el producto ha alcanzado la madurez requerida para la venta. El nivel de acidez es crítico para el balance de sabor de ciertos frutos, tales como los cítricos y uvas, y generalmente decrece durante la madurez y almacenamiento postcosecha. El amargor y astringencia se puede desarrollar en varias frutas y hortalizas bajo ciertas condiciones de almacenamiento. El perfil del aroma puede cambiar dramáticamente durante la vida de postcosecha de los alimentos frescos, particularmente en frutos climatéricos, en donde la volatilidad de los componentes puede variar significativamente basándose en la madurez del fruto. El enfriamiento tiende a limitar el desarrollo del aroma en la maduración de los frutos (Emboscada y Huber, 2009).

Los frutos son fuentes importantes de nutrimentos, incluyendo vitaminas (B6, C, tiamina, y niacina, entre otros), minerales, fibra dietética, y cantidades significativas de fitoquímicos que juegan un papel importante en la salud humana. La pérdida de la calidad nutrimental durante la postcosecha, particularmente el contenido de vitamina C y algunos fitoquímicos, puede ser substancial. Las pérdidas pueden incrementarse (Serrano et al., 2006).

Los factores de calidad incluyen tóxicos presentes de manera natural en los alimentos, contaminantes tales como residuos químicos y metales pesados, y contaminación microbiana. Los alimentos frescos son altamente susceptibles al daño o deterioro por hongos. La contaminación por microorganismos patógenos es muy importante en frutos mínimamente procesados. La sanitización y manipulación adecuada puede ayudar a reducir el riesgo potencial de contaminaciones (Zwietering, 2002; Azeredo et al., 2011).

1.2. Efecto de exposición a luz UV-C

La radiación ultravioleta, en su forma natural, proviene del sol. El espectro de dicha radiación, que penetra en la atmósfera terrestre, se ha dividido en tres regiones dependiendo de su longitud de onda. Dichas regiones ejercen diferentes características sobre los organismos (Mahdavian et al., 2008). En la Tabla 1.3 se presenta una clasificación de la longitud de onda de la radiación ultravioleta.

Tabla 1.3.

Clasificación de la longitud de onda de la radiación UV.

Clasificación	Longitud de onda	Efectos en organismos
Larga	320-400 nm	Cambios en la piel humana (bronceado)
Media	280-320 nm	Quemaduras serias (cáncer)
Corta	200-280 nm	Efecto germicida

Nota: Adaptado de Guerrero-Beltrán y Barbosa-Cánovas (2004).

Es debido a las propiedades germicidas de la radiación UV-C, que se han creado fuentes de radiación artificiales (lámparas) con fines prácticos, generalmente con propósitos de desinfección. Estas fuentes de radiación son fabricadas utilizando lámparas de mercurio de baja presión, que producen radiación con una longitud de onda de 254 nm (efecto germicida) (Guerrero-Beltrán y Barbosa-Cánovas, 2004).

Aun tomando en cuenta esta variable, la tecnología de radiación UV-C puede ser un tratamiento válido en lo que respecta a los protocolos de análisis de riesgos y control de puntos críticos (Hazard Analysis and Critical Control Points, HACCP, por sus siglas en inglés), debido a su efectividad para reducir el número de microorganismos en la superficie de alimentos o bien en la superficie de proceso de los mismos (Yaun et al., 2004).

1.2.1. Efecto antimicrobiano de la radiación UV-C en frutos

La radiación UV-C afecta el ADN de los microorganismos, causando mutaciones mediante la separación de la doble hélice, evitando de esta manera su reproducción (Gardner y Shama,

2000). Es así como esta tecnología no térmica puede ser aplicada para inactivar diversos tipos de microorganismos incluyendo virus. La generación de radiación ultravioleta monocromática (254 nm) es considerada como un medio físico de desinfección cuya aplicación en alimentos está aún siendo investigada.

Debido a la demanda de alimentación actual de la población, la cadena de suministros (supermercados) debe enfrentar un doble reto; por un lado, se necesita almacenar alimentos frescos y por el otro, deben ser de consumo inmediato. Lo anterior implica una pérdida substancial cuando se manejan productos como lechuga y espinacas, que son fácilmente lastimados o contaminados durante el proceso y transporte; en este caso, la tecnología de radiación UV-C ofrece una solución a dichas pérdidas, evitando que proliferen microorganismos en las lesiones de las verduras (Ortoneda et al., 2008).

Sin embargo, a pesar de los beneficios de esta tecnología, el público en general aún está un tanto inseguro respecto a su uso, debido a que, al ser un tipo de radiación, esta podría acarrear riesgos para la salud, por lo que la Administración de Alimentos y Fármacos (FDA por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, así como el Departamento de Agricultura (USDA) del mismo país, después de varias investigaciones concluyeron que el uso de esta radiación es completamente seguro. En el año 2000 la FDA aprobó esta tecnología como una alternativa a la pasteurización de jugos frescos (U.S. Food and Drug Administration, 2000).

1.2.2. Exposición UV-C como único tratamiento

Existen diversas investigaciones respecto al tratamiento con exposición UV-C con propósitos germicidas. Algunos estudios son muy similares entre sí: este es el caso de Stevens et al. (2005) y Manzoco *et al.* (2011), ellos trataron de incrementar la resistencia a la deterioración microbiana en manzanas. Stevens et al. (2005) además incluyeron duraznos y tangerinas. Las dosis utilizadas en las investigaciones fueron de 1.2 a 24 kJ/m², la mayor diferencia radicó en que Stevens et al. (2005) trabajaron con rebanadas de fruta inoculadas con *Colletotrichum gloeosporioides*, *Monilinia fructicola* y *Penicillium digitatum*, mientras que Manzoco et al. (2011) trabajaron con cuentas viables totales (bacterias, mohos y levaduras). Las dos investigaciones concluyeron que se logró aumentar la resistencia al deterioro microbiano, mediante la reducción de 1 a 2 ciclos logarítmicos.

En otra investigación realizada por Schenk y Guerrero (2008), se buscó identificar el efecto que una dosis máxima de 87 kJ/m² podría tener sobre rebanadas de pera (*Pyrus communis* L.) fresca, además de analizar la reducción en las cuentas de *Listeria innocua*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y *Zygosaccharomyces bailii*, con las cuales fue inoculada la fruta. La dosis máxima probada generó una mayor reducción en las rebanadas de pera (3.4 ciclos logarítmicos).

Sin embargo, al aumentar el tiempo de exposición y por ende la dosis de radiación, encontraron una menor reducción, ya que los microorganismos desarrollaron resistencia. De manera similar, Jian et al., (2010) analizaron el efecto que una radiación UV-C, de 1 a 10 kJ/m², podría ejercer sobre la germinación de las esporas de *Monilinia fruticola*, obteniendo como resultado una inhibición completa de la germinación en pera Yali (*Pyrus bretschneideri* Rehd). Adicionalmente, se ha demostrado que dosis menores a 7 kJ/m² tienen un efecto antimicótico en frutas, como lo demostraron Stevens et al. (1998) en duraznos inoculados con *Monilinia fruticola*. Perkins-Veazie et al. (2008) en moras azules inoculadas con *Colletotrichum acutatum*. En general se reporta que una mayor dosis de radiación disminuirá la carga microbiana en el fruto fresco. En la Tabla 1.4 se muestran algunas frutas tratadas con radiación UV-C.

Tabla 1.4.

Frutas tratadas con radiación UV-C

Fruta	Dosis	Microorganismos
Manzanas, duraznos y tangerinas	1.3 y 7.5 kJ/m ²	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Monilinia fruticola</i> y <i>Penicillium digitatum</i> ^a
Pera	87 kJ/m ²	<i>Listeria innocua</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> y <i>Zygosaccharomyces bailii</i> ^b
Manzana	1.2, 6.0, 12.0 y 24 kJ/m ²	Cuentas viables totales (Bacterias, mohos y levaduras) ^c
Durazno	< 7.0 kJ/m ²	<i>Monilinia fruticola</i> ^d
Mora azul	< 7.0 kJ/m ²	<i>Colletotrichum acutatum</i> ^e
Sandia	4.1 kJ/m ²	Población nativa microbiana de sandía ^f
Papaya Maradol	0.96-8.64 kJ/m ²	<i>Rhodotorula glutinis</i> ^g

Nota. ^aStevens, et al. (2005). ^bSchenk y Guerrero (2008). ^cManzoco, et al. (2011). ^dStevens, et al. (1998). ^ePerkins-Veazie, et al. (2008). ^fFonseca y Rushing (2006). ^gCalderón-Gabaldón, et al. (2012).

1.3. Tratamiento térmico

La aplicación de temperatura óptimas permite reducir las pérdidas cualitativas y cuantitativas debidas a desórdenes fisiológicos y podredumbres, retrasar la maduración y senescencia y prolongar la vida comercial de los productos hortofrutícolas en general, con calidad idónea para consumo en fresco o industrial (Artés, 1987 y Martínez-Jávega, 1997).

La utilización de bajas temperaturas aplicadas a los frutos influye en diferentes procesos biológicos como son:

Respiración: Es el principal proceso de deterioro de los frutos, el mismo es atenuado por la baja temperatura, que logran disminuir la tasa respiratoria y la pérdida excesiva de agua, así como la velocidad de las reacciones bioquímicas y enzimáticas. Este último factor en un fruto se reduce a la mitad por cada 10 °C en que disminuye la temperatura (Guerra, 1996). En los frutos climatéricos como el mango, las temperaturas altas de más de 40 °C muestran un incremento en la actividad respiratoria, por el contrario, temperaturas bajas menores de 13 °C disminuyen su respiración y prolongan su vida de anaquel (Ponce de León y Bosquez, 1997).

Deshidratación: Las pérdidas de peso en los frutos se incrementan como consecuencia de la transpiración después de la cosecha y significa una disminución de la calidad y aceptabilidad, estas pérdidas suelen ocasionar mermas superiores al 5% durante la comercialización, al 7 % en la conservación frigorífica durante tres meses y posterior comercialización (Jiménez -Cuesta y col., 1983). Las condiciones de baja humedad provocan un incremento de la transpiración y por tanto una elevada pérdida de agua, lo que acelera la senescencia del fruto y una marcada pérdida de la calidad, tanto por la aparición de arrugas en la corteza como por el encogimiento y ablandamiento (Guerra, 1996).

Pérdida de la calidad y senescencia: En la postcosecha, los frutos evolucionan hacia la senescencia con pérdidas de calidad, ablandamiento, pérdida de acidez, vitamina C y características organolépticas (sabor y comestibilidad). La velocidad de reacción de los procesos metabólicos, que llevan a la pérdida de calidad se duplica por cada 10 °C de aumento de la temperatura y en el rango de 0 a 10 °C puede llegar incluso a sextuplicarse (Martínez- Jávega, 1997).

Podredumbres: La aplicación del frío disminuye los riesgos de aparición y desarrollo de ciertos agentes causantes de alteraciones como bacterias, hongos y levaduras (Tuset, 1987; Saucedo y Arévalo, 1997 y Galán, 1999). Aunque es importante señalar que puede disminuir la acción de los microorganismos, pero no inhibe la germinación de esporas de los patógenos que contaminan a las frutas. Para reducir la incidencia de alteraciones patológicas durante el almacenamiento frigorífico se deben tomar una serie de medidas higiénicas y profilácticas que van desde evitar el máximo de heridas y golpes en la recolección y transporte al almacén, pasando por una periódica limpieza y desinfección de las cajas de campo, línea de manipulación, almacén y cámaras frigoríficas y se completan con un tratamiento fungicida aplicado a la propia fruta (Tuset, 1999).

1.3.1. Variables manejables en el tratamiento térmico

Los factores que determinan el éxito del uso de tratamientos térmicos son la temperatura y la humedad relativa.

Temperatura: Constituye una de las variables más importantes para la conservación de los productos hortofrutícolas. Sin embargo, existen limitaciones en cuanto a las temperaturas mínimas que pueden aplicarse. Dentro de estas limitaciones se encuentra la temperatura de congelación de los productos hortofrutícolas. Los frutos y vegetales para consumo en fresco deben mantener activo su metabolismo y esto solo puede conseguirse en fase líquida, por lo no pueden ser sometidos a temperaturas inferiores a las de congelación que oscilan entre 0 °C y -1.5 °C. La segunda limitación es que algunos de los productos de origen tropical y subtropical, presentan sensibilidad a las bajas temperaturas que se manifiesta por diferentes alteraciones y manchas en la piel, conocidas generalmente como lesión o daño por frío y que pueden causar una alta pérdida de calidad comercial (Martínez-Jávega, 1997).

Humedad relativa: Para evitar la deshidratación junto con el empleo de las temperaturas bajas se utilizan humedades relativas elevadas. La humedad relativa adecuada para un determinado producto dependerá de la relación superficie/volumen de éste. A medida que esta relación es mayor, la transpiración también lo es. Un valor de la humedad relativa entre 85 –95 % es lo aconsejable para lograr el objetivo de la conservación (Guerra, 1996). Durante la conservación frigorífica el control de la humedad relativa constituye un aspecto fundamental para disminuir

las pérdidas de agua. El uso de sistemas electrónicos de control y boquillas de pulverización cuarzo permiten una perfecta nebulización con un costo razonable.

1.3.2. Métodos para disminuir el daño por frío

El acondicionamiento a altas temperaturas también reduce los daños por frío probablemente porque se produce la síntesis de proteínas (heat shock proteins), algunas de las cuales podrían modificar las propiedades de las membranas celulares proporcionando la base de la tolerancia térmica. Este tipo de acondicionamiento a alta temperatura y humedad produce además un curado de las heridas reduciendo las podredumbres y puede llegar a ser beneficioso para la calidad del fruto (Martínez – Jávega, 1997).

El empleo de las atmósferas modificadas (AM) también es utilizado para la reducir el daño por frío, esta consiste en una reducción de la concentración de oxígeno y un aumento de la de dióxido de carbono en la atmósfera que rodea al fruto. La efectividad de las AM depende fundamentalmente de los niveles de O₂ y CO₂ de la atmósfera y del producto almacenado. Las altas concentraciones de CO₂ son en general, efectivas en la reducción de los daños por frío, pero a veces, la respuesta de un mismo cultivar es variable dependiendo del estado fisiológico de la fruta (Willis et al., 1989). Sin embargo, el efecto de encerado en frutos sensibles al frío es contradictorio, la respuesta está en función de la composición de la cera y del estado fisiológico de los frutos (Martínez- Jávega, 1995).

1.4. Uso de recubrimientos comestibles para frutos

Los recubrimientos comestibles se han utilizado desde hace tiempo para mantener la calidad y extender la vida de anaquel de algunas frutas y hortalizas, tales como cítricos, manzanas y pepinos. Las frutas y hortalizas son frecuentemente cubiertas al sumergir o asperjar un variado número de materiales comestibles. De esta manera, se forma una membrana semipermeable en la superficie para reducir la respiración, controlar la pérdida de humedad y proporcionar otras funciones (Eissa, 2007).

Una variedad de materiales comestibles, incluyendo lípidos (Famá et al., 2004), polisacáridos, y proteínas, solos o en combinaciones, se han formulado para producir recubrimientos comestibles. Los recubrimientos a base de lípidos hechos de monoglicéridos acetilados (AM),

ceras (cera de abeja, carnauba, candelilla, parafina, y salvado de arroz) y surfactantes se han utilizado exitosamente en frutas y hortalizas enteras, para reducir la superficie de abrasión durante el manejo y como barrera ante la pérdida de humedad. Suspensiones coloidales de aceites o ceras dispersas en agua fueron la primera formulación típica como recubrimiento para frutas (Valverde et al., 2005). Los recubrimientos formulados apropiadamente pueden ser utilizados en la mayoría de los alimentos para responder a los retos asociados con la estabilidad de la calidad, seguridad comercial, valor nutrimental y los costos económicos de producción.

A reserva de la industria de productos frescos, los beneficios potenciales de utilizar recubrimientos comestibles incluyen:

- 1) Proporcionar una barrera contra la pérdida de humedad en la superficie del producto. La pérdida de humedad durante el almacenamiento postcosecha de productos frescos lleva a la pérdida de peso y a cambios de textura, sabor, y apariencia.
- 2) Proporcionar una barrera de gases suficiente para controlar el intercambio gaseoso entre el producto fresco y la atmósfera que lo rodea, lo que retardará la respiración y el proceso de deterioro. La función como barrera gaseosa podría retardar la oxidación enzimática y proteger a los productos frescos de la decoloración por encafecimiento y ablandamiento de textura durante el almacenamiento.
- 3) Restringir el intercambio de compuestos volátiles entre el producto fresco y el ambiente que lo rodea al proporcionar barreras gaseosas, que previenen la pérdida natural de compuestos volátiles de sabor, color de productos frescos y la adquisición de olores extraños.
- 4) Proteger de daño físico causado por impacto mecánico, presión, vibraciones y otros factores mecánicos.
- 5) Actuar como acarreadores de otros ingredientes funcionales, tales como agentes antimicrobianos, antioxidantes, nutraceuticos, ingredientes de color y sabor para reducir la carga microbiana, retardar la oxidación y decoloración y mejorar la calidad (Falguera et al., 2011) (Figura 1.2).

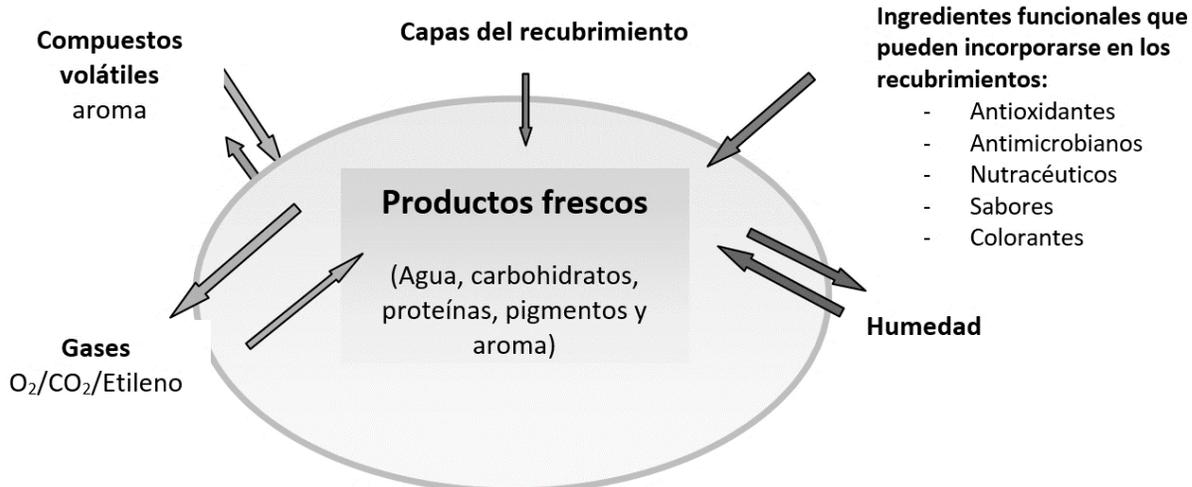


Figura 1.2. Propiedades funcionales de un recubrimiento comestible en frutos. Fuente: Falguera et al., 2011.

1.4.1. Desarrollo de recubrimientos comestibles

El desarrollo consiste en generar recubrimientos comestibles a base de polímeros que permitan conservar las características propias de las frutas y hortalizas frescas, y que éstos posean la propiedad de barrera para humedad, oxígeno y dióxido de carbono bajo condiciones de almacenamiento. Numerosos recubrimientos comestibles, incluyendo celulosa, caseína, zeína (Romero-Batista et al., 2004), proteína de soya y quitosano, han demostrado poseer las características deseables para los productos frescos: buenas propiedades de barrera, inodoros, insípidos y transparentes (Majeti y Kumar, 2000; Valverde et al., 2005). Sin embargo, el éxito comercial todavía está en desarrollo.

1.4.2. Materiales empleados como recubrimientos comestibles

La mayoría de los frutos poseen una capa de cera natural en la superficie, llamada cutícula. Esta capa cerosa generalmente tiene una baja permeabilidad para el vapor de agua. Al aplicar una capa externa se aumentará la barrera natural o la reemplazará en el caso de que la capa se haya removido o alterado durante el manejo postcosecha o procesamiento. Los recubrimientos proporcionan una barrera parcial a la humedad e intercambio gaseoso, mejorando la manipulación mecánica adecuada para ayudar a mantener la integridad estructural, retener los compuestos volátiles de sabor y acarrear otros ingredientes funcionales en el alimento (Eissa, 2007).

Los polímeros tales como proteínas, polisacáridos, lípidos y resinas son comúnmente materiales para formar recubrimientos que se pueden utilizar solos o en combinaciones. Las características físicas y químicas de los biopolímeros influyen grandemente en la funcionalidad del recubrimiento resultante. La selección de materiales para recubrimientos se basa generalmente en la solubilidad con el agua, naturaleza hidrofílica e hidrofóbica, facilidad de formación del recubrimiento y propiedades sensoriales (Falguera et al, 2011).

1.4.3. Técnicas analíticas para evaluar los recubrimientos comestibles

Para evaluar la efectividad de un recubrimiento comestible aplicado en frutas y hortalizas, la calidad de los parámetros de los productos cubiertos es generalmente considerada como un indicador. Estos parámetros pueden incluir pérdida de agua, tasa de respiración, textura, color, cuenta microbiana, pH, acidez total y contenido de sólidos solubles del producto durante el almacenamiento. Algunas de las funcionalidades del recubrimiento incluyen la permeabilidad al agua y gas, grosor del recubrimiento, morfología y adhesión a la superficie del recubrimiento (Martínez-Romero et al., 2006; Mahdi- Ojagh et al. 2010). La mayoría de los parámetros de calidad pueden medirse al utilizar los procedimientos estándares y están bien documentados en las investigaciones.

1.5. Características generales del higo

El higo es el fruto obtenido de la higuera (*Ficus carica*). El higo es un fruto y también una infrutescencia (un conjunto de frutos). Existen más de 750 especies de higos diferentes entre las comestibles y no comestibles (Perdomo-Molina, 2007).

Los higos miden 6 o 7 cm de largo y 4,5 a 5,5 cm de diámetro. Son muy estacionales y se pueden encontrar fácilmente en los meses de agosto y septiembre en el hemisferio norte, o febrero y marzo en el hemisferio sur (Proctor, 1996).

1.5.1. Factores fisiológicos y bioquímicos

Respiración: La fisiología postcosecha de estos frutos se caracteriza por presentar una actividad respiratoria moderada (10-20 mg CO₂/Kg hr a 5 °C) (Kader, 2003; Crisosto y Kader, 2004).

Sólo en la última fase de maduración de los frutos (Fase III) se produce un aumento de la tasa respiratoria coincidiendo con el pico climatérico, para después disminuir.

Producción y sensibilidad al etileno: Los higos en la etapa postcosecha presentan una moderada tasa de producción de etileno (1-10 $\mu\text{L}/\text{Kg hr}$ a 20 °C), así como una baja sensibilidad al etileno externo (Kader, 2003; Crisosto y Kader, 2004).

Transpiración y pérdida de agua: Dollahite et al., (2007) confirmaron el aumento de las pérdidas de agua durante el almacenamiento de higos a 0 °C, dependiendo además del tiempo que pasaron los frutos a temperatura ambiente una vez que fueron recolectados. De este modo, cuanto antes se realice el enfriamiento postcosecha de estos frutos, menores serán las pérdidas de agua. Además, las pérdidas de agua también han sido relacionadas en higos con alteraciones en la firmeza, la cual también dependerá en gran medida del tiempo que pase el fruto a temperatura ambiente hasta su enfriamiento, de modo que cuanto antes se realice, mejor se conservará la firmeza, lo que influirá de igual modo en la calidad y vida útil de los frutos.

Cambios en la composición: A lo largo del proceso de maduración y senescencia de higos se producen diversos cambios en la composición de los frutos, provocando cambios en el color, así como en el sabor y el aroma debidos a la disminución de ácidos orgánicos, aumento de azúcares simples (glucosa, sacarosa y fructosa), disminución de almidón, síntesis de compuestos aromáticos, disminución de la astringencia y se produce un ablandamiento por degradación parcial de los componentes de la lámina media y de la pared celular primaria de las células que forman la parte carnosa del fruto (Valero y Serrano, 2010).

1.5.2. Manejo postcosecha

Los índices que determinan la calidad de higos frescos durante la postcosecha son: color de piel, sabor y firmeza de la pulpa. Los frutos sobre maduros son indeseables debido a que entran en un proceso de fermentación que deteriora la calidad rápidamente, otros índices de calidad de la fruta incluyen la ausencia de defectos como: picaduras de pájaros, quemaduras de sol, costras, rupturas de la piel, manchas externas debido al manipuleo, presencia de insectos y pudrición (Bravin et al., 2006).

1.5.3. Principales enfermedades y fisiopatías postcosecha

La propia morfología del higo, debido a la apertura de su ostiolo y la fragilidad de su piel, lo hace susceptible al acceso de pequeños insectos o la avispa común (Doster et al., 1996), los cuales son en muchos casos vectores de la población alterante de este fruto.

Sin embargo, la causa más importante de deterioro en este fruto es la incidencia de mohos alterantes y podredumbres, para los cuales es fácil colonizar el higo fresco debido a la fácil alteración o rotura de la piel del higo, así como a su elevado contenido en azúcar y su humedad. Éstos son los principales causantes de daños en higos, suponiendo el 50% de las pérdidas de producción (Michailides, 2003). Entre las principales causas de daño en higos se encuentran: Endosepsis (o pudrición blanda); Tizón o “smut; la acidosis o fermentación y podredumbre por *Alternaria*.

1.5.4. Vida de anaquel del producto

Cosecha y rendimiento: Los frutos pueden ser recogidos del árbol o recogidos normalmente por barredoras mecánicas después de que caen al suelo. Los 'Brunswick' son tan tiernos que deben ser recogidos cuando están ligeramente verdes a fin de ser lo suficientemente firmes como para su procesamiento. Los trabajadores deben usar guantes y ropa de protección, debido al látex. Las frutas cosechadas se extienden a la sombra por un día para que el látex se seque un poco. Luego se transportan a las plantas de procesamiento en cajas de madera conteniendo de 22 a 33 libras (10-15 kg) (Crisosto et al., 2011).

Mantenimiento de la calidad: Los higos frescos son muy perecederos. Entre 40° y 43°F (4.44°-6.11°C) y 75% de humedad relativa, se mantienen en buen estado durante 8 días, pero tienen una vida útil de sólo 1 a 2 días cuando salen del almacén. A 50°F (10°C) y humedad relativa del 85%, los higos se pueden mantener no más de 21 días. Se mantienen en buenas condiciones durante 30 días cuando se almacenan entre 32° y 35°F (0 ° - 1.67 °C). Si se congelan enteros, se pueden mantener por varios meses (Crisosto et al., 2011).

1.6. Características generales del arándano

El fruto es una baya esférica que debe cumplir con ciertos atributos de calidad como: color de azul claro a negro azulado, epidermis provista de secreción cerosa llamada “pruina”, calibre mínimo de 0.7 a 1.5 cm y una adecuada firmeza, además de presentar una cicatriz pequeña y seca después de desprender el pedúnculo al cosechar. La producción que no cumple con estos parámetros de calidad se destina generalmente a la obtención de zumo clarificado concentrado, por lo que se hace necesario buscar alternativas tecnológicas que permitan dar un mayor valor añadido a este excedente (Stückrath y Petzold, 2007).

Los arándanos (*Vaccinium* spp.) son conocidos por sus altas concentraciones de compuestos bioactivos, como las antocianinas y los ácidos fenólicos (Cocetta *et al.*, 2015), que pueden ayudar para prevenir la obesidad, la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y otras enfermedades crónicas (Stover *et al.*, 2008). Debido a su sabor único, sabor delicado, alto valor nutricional y diversos efectos beneficiosos para la salud humana, los arándanos frescos se han convertido en una de las frutas más consumidas y en un nuevo alimento funcional popular en todo el mundo (Kong *et al.*, 2014).

1.6.1. Factores fisiológicos y bioquímicos

El deterioro postcosecha que perjudica el valor de mercado de los arándanos incluye el deterioro, la deshidratación y el ablandamiento (Ceponis *et al.*, 1973; Beaudry *et al.*, 1998). La pérdida de humedad modifica las propiedades de textura del tejido del arándano y se correlaciona negativamente con la firmeza de la fruta (Paniagua *et al.*, 2013). La pérdida de peso se produce cuando el peso acumulado supera el 5–9% del peso inicial (Sanford *et al.*, 1991; Miller y McDonald, 1993; Schotsmans *et al.*, 2007; Paniagua *et al.*, 2013).

El ablandamiento es un factor importante de deterioro de la calidad después de la cosecha en la fruta de arándanos; se debe a la degradación de la pared celular por las actividades de la enzima de hidrólisis asociada a la pared celular (Wang *et al.*, 2013). Las enzimas involucradas en los procesos de degradación de la pared celular incluyen principalmente poligalacturonasa (PG), pectato liasas (PL), pectina metil esterasa (PE), celulasa (Cx), β -galactosidasa (β -Gal) y expansina (Brummell *et al.*, 2001).

1.6.2. Manejo Postcosecha

La calidad de la fruta cosechada depende en gran parte del manejo que se le dé y las temperaturas a la que es almacenada. Se ha mostrado que los daños mecánicos y altas temperaturas incrementan rápidamente el deterioro de los frutos de arándano propiciado pérdidas de peso y de firmeza (Sanford et al., 1991; Nesmith et al., 2002).

Además, el tiempo que transcurre entre la cosecha de la fruta y su refrigeración (prealmacenamiento) puede influir adversamente en su calidad. Miller et al. (1984) mostraron que dejando los frutos de arándano por 48 h en el campo a una temperatura promedio de 25° C, estos perdieron un promedio de 15.3% más de firmeza que los frutos refrigerados inmediatamente después de cosechar. Jackson et al. (1999) mostró que los frutos de arándano mantenidos a temperatura ambiente (20° C) y a la sombra por menos de 12 h no cambian significativamente su calidad de mercado, esto es si se cosechan en la mañana y se almacenan bajo refrigeración al final del día como lo hacen algunos productores (Cappellini et al., 1982).

Es decir, la calidad de los frutos de arándanos puede ser afectada por el cultivar, la temperatura y el intervalo de tiempo entre la cosecha y el almacenamiento bajo refrigeración. Sin embargo, se desconoce si todos los cultivares pueden tolerar períodos de prealmacenamiento a diferentes temperaturas sin que sus frutos pierdan calidad en términos de peso y firmeza (Núñez et al., 2008).

1.6.3. Principales enfermedades y fisiopatías postcosecha

Moho gris causado por *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr. (Tel. *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel) es la principal enfermedad postcosecha que afecta a la fruta de arándano durante el almacenamiento y transporte a 0 °C (Cappellini et al., 1972; Ceponis et al., 1973). *B. cinerea* causa el tizón de la flor y la ramita y la decadencia suave en la fruta madura en el momento de la cosecha, y durante el almacenamiento, puede sobrevivir en los arándanos y otros hospedadores como micelio y / o esclerocios en los residuos vegetales (Bristow y Milholland, 1995). También se han detectado otras enfermedades como la podredumbre de la alternaria (*Alternaria spp.*) y la antracnosis (*Colletotrichum spp.*), particularmente cuando las temperaturas de almacenamiento superan los 2° C (Cappellini et al., 1972; Cappellini y Ceponis, 1977).

1.6.4. Vida de anaquel del producto

Los arándanos frescos también son altamente perecederos, con una vida útil corta como resultado del calor de campo, el daño mecánico, la respiración postcosecha, la descomposición microbiana y la pérdida de humedad y nutrición (Hancock et al., 2008). Por lo tanto, para aumentar las oportunidades comerciales para esta industria, se necesita una vida de postcosecha de entre 20 y 45 días para los arándanos.

CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material vegetal

Se utilizaron frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) e higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission), de tamaño homogéneo, con madurez comercial, libre de patógenos y enfermedades.

2.2. Exposición a luz UV (254 nm)

Se probaron distintos tiempos de exposición de los frutos a luz ultravioleta con intervalos de 5 minutos, es decir; 5 min hasta llegar a 30 min, con tres distancias diferentes iniciando en 20, 40 y finalmente en 60 cm, para determinar las combinaciones de las cuales se obtienen las condiciones óptimas para evitar enfermedades en los frutos, prolongar la vida postcosecha e incrementar la cantidad de antioxidantes.

Haciendo pasar los frutos por una cámara de luz UV, manteniendo uniformidad de condiciones para toda la población. Se consideraron las variables de firmeza, pérdida de peso y descarte de frutos para obtener la vida útil.

2.3. Tratamientos térmicos

Para implementar los tratamientos térmicos como control de la respiración y transpiración de los frutos se probaron diferentes temperaturas con aspersión de aire frío iniciando -5 °C, 0 °C, 5 °C, e n intervalos de tiempo de 15, 30 y 45 s, para determinar la dosis óptima necesaria por cada fruto.

Con ayuda de una cámara de aspersión de aire frío, se pasaron los frutos por una banda transportadora considerando los intervalos de tiempo señalados para cada tratamiento. Se consideraron las variables de firmeza, pérdida de peso y descarte de frutos para obtener la vida útil.

2.4. Recubrimiento comestible

Inicialmente se elaboraron diferentes recubrimientos comestibles a partir de cera de abeja, aceite de canela como agente antifúngico, fécula de maíz para realizar la caracterización del

recubrimiento a utilizar, posteriormente se aplicará a los frutos para determinar vida útil, crecimiento microbiano, apariencia, para evaluar la calidad en la estructura del fruto.

La elaboración de la película se realizó en baño maría iniciando al derretir la cera de abeja, posteriormente se incorporaron los demás aditamentos correspondientes por tratamiento hasta generar una mezcla homogénea líquida en un volumen de aforado de 100 mL para su posterior aplicación a los frutos en forma de aspersion con ayuda de un atomizador. Las formulaciones iniciales se presentan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1.

Formulaciones iniciales para el recubrimiento comestible.

<i>Componente</i>	<i>F1</i> (%)	<i>F2</i> (%)	<i>F3</i> (%)
<i>Cera de abeja</i>	0.75	0.65	0.55
<i>Glicerol</i>	2.00	2.10	2.20
<i>Aceite de aguacate</i>	1.40	1.60	1.80
<i>Aceite de canela</i>	1.60	1.40	1.20
<i>Fécula de maíz</i>	2.10	2.30	2.50
<i>Pectina</i>	0.20	0.50	0.80

Posteriormente, se elaboraron nuevamente utilizando 1 mL de lecitina de soya para homogenizar los aditamentos eliminado la fécula de maíz, se adicionó grenetina y se mezclaron con ayuda de una batidora, finalmente las formulaciones obtenidas se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2.

Formulaciones finales para el recubrimiento comestible.

<i>Componente</i>	<i>F1</i> (%)	<i>F2</i> (%)	<i>F3</i> (%)
<i>Cera de abeja</i>	0.7	0.5	0.7
<i>Glicerol</i>	2.0	2.0	2.0
<i>Aceite de aguacate</i>	1.5	1.5	1.5
<i>Aceite de canela</i>	1.5	1.5	1.5
<i>Lecitina de soya</i>	0	1.0	1.0
<i>Pectina</i>	1.0	1.0	1.0
<i>Grenetina</i>	2.0	2.0	2.0

El monitoreo se hizo tres veces por semana tomando como variable la pérdida de peso del fruto desde el primer día hasta la muerte para determinar la pérdida diaria y el conteo del número de días de vida útil, teniendo como parámetro de evaluación, la calidad visual del fruto para su consumo.

2.5. Proceso

Mediante los mejores resultados de los objetivos anteriores, se diseñó e implementó el proceso en los frutos colocando las etapas en el orden de los objetivos (Luz UV, tratamiento térmico y recubrimiento), como se muestran en las siguientes tablas 2.3 y 2.4 para Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) y Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) respectivamente.

Se evaluaron diferentes variables postcosecha (Pérdida de peso, grados brix, acidez titulable, firmeza y vida útil).

2.6. Análisis de datos

Se realizó el análisis estadístico factorial para el caso de la técnica de luz UV en ambos frutos utilizando un diseño de 3x6, para la aspersion de aire frio se realizó un diseño de 3x3 y finalmente en la elaboración de las películas un diseño lineal como en el caso del proceso.

Para obtener la vida útil de los frutos mediante el conteo de rechazos de los mismo, se realizó con base en el análisis de Weibull.

Tabla 2.3.

Mejores resultados de los tratamientos por separado para el fruto de Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission).

HIGO				
CONDICION	FACTOR	PARAMETRO	MEJOR RENDIMIENTO	MEJOR COMBINACION
Refrigeración	LUZ UV	P de P	60 cm 10 min	60 cm 10 min
			60 cm 20 min	
			Testigo	
		Vida útil	60 cm 10 min	
			60 cm 30 min	
			60 cm 25 min	
Temperatura ambiente	LUZ UV	P de P	40 cm 10 min	60 cm 10 min
			40 cm 25 min	
			20 cm 20 min	
		Vida útil	60 cm 15 min	
			60 cm 5 min	
			60 cm 10 min	
Refrigeración	AIRE FRIO	P de P	0 °C 30 s	0 °C 30 s
			5 °C 30 s	
			5 °C 45 s	
		Vida útil	0 °C 15 s	
			-5 °C 45 s	
			0 °C 45 s	
Temperatura ambiente	AIRE FRIO	P de P	5 °C 30 s	0 °C 30 s
			0 °C 30 s	
			5 °C 45 s	
		Vida útil	0 °C 30 s	
			-5 °C 45 s	
			-5 °C 15 s	
Refrigeración	PELÍCULA	P de P	F3	F3
			F1	
			F2	
		Vida útil	F1	
			F3	
			Testigo	
Temperatura ambiente	PELÍCULA	P de P	F3	F3
			F2	
			F2	
		Vida útil	Testigo	
			F3	
			F1	

Tabla 2.4.

Mejores resultados de los tratamientos por separado para el fruto de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi).

ARANDANO				
CONDICION	FACTOR	PARAMETRO	MEJOR RENDIMIENTO	MEJOR COMBINACION
Refrigeración	LUZ UV	P de P	60 cm 30 min	60 cm 20 min (5to mejor en vida útil)
			60 cm 15 min	
			60 cm 20 min	
		Vida útil	40 cm 20 min	
			40 cm 15 min	
			20 cm 5 min	
Temperatura ambiente		P de P	No se realizó	
		Vida útil		
Refrigeración	AIRE FRIO	P de P	5 °C 30 s	-5° C 30s
			5 °C 15 s	
			-5 °C 30 s	
		Vida útil	-5 °C 30 s	
			-5 °C 15 s	
			0 °C 30 s	
Temperatura ambiente		P de P	5 °C 30 s	
			5 °C 15 s	
			-5 °C 15 s	
		Vida útil	-5 °C 15 s	
			-5 °C 30 s	
			5 °C 45 s	
Refrigeración	PELÍCULA	P de P	F1	F3
			F3	
			F2	
		Vida útil	Testigo	
			F3	
			F2	
Temperatura ambiente		P de P	Testigo	
			F2	
		Vida útil	F3	
			F2	
			Testigo	
			F3	

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

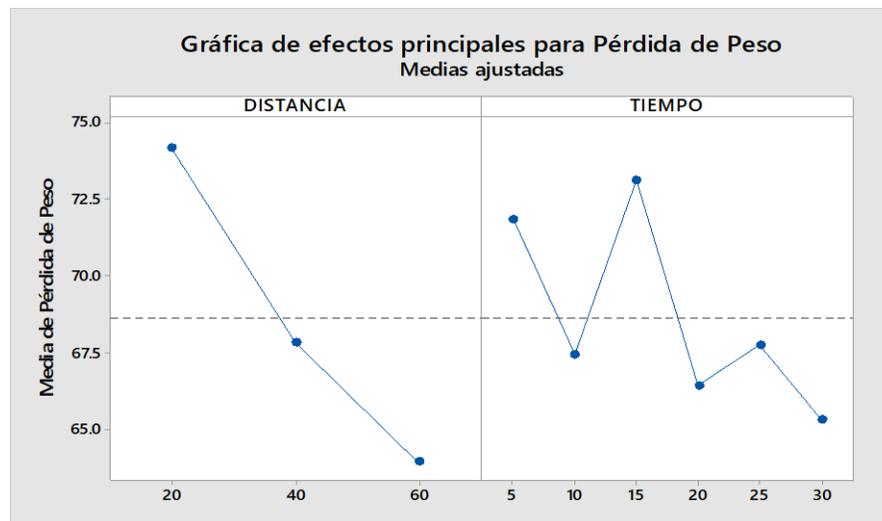
Se analizaron las variables de pérdida de peso, firmeza y vida útil para cada uno de los tratamientos y para ambos frutos. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

3.1. Tratamiento de luz UV

Se expusieron a Luz UV frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) e higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission a diferentes distancias y por distintos tiempos para evaluar su efecto como desinfectante e impacto en la calidad postcosecha; para determinar el tiempo y distancia óptimos de exposición.

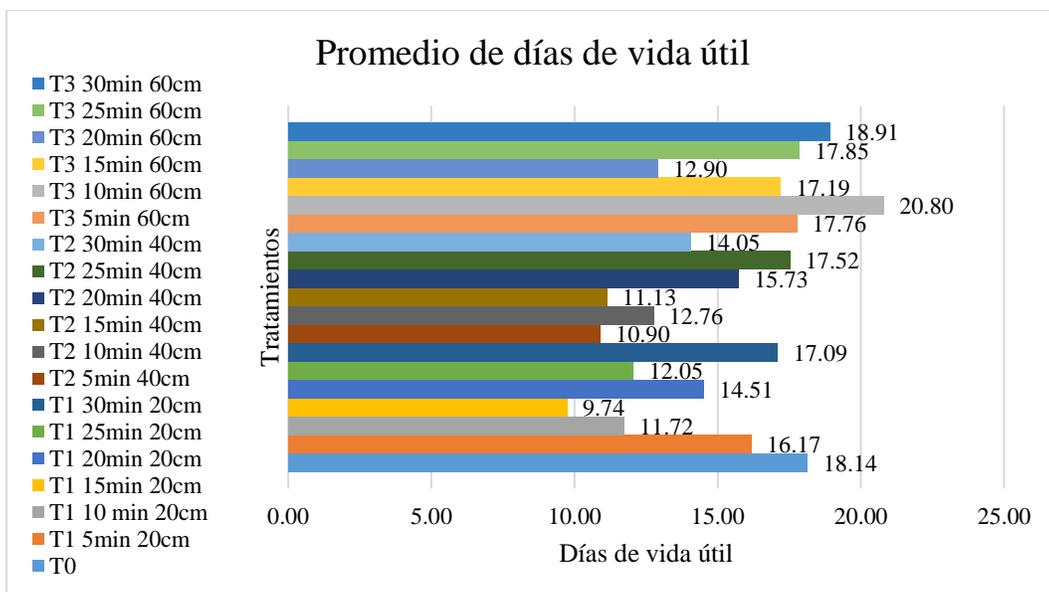
3.1.1. Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C

En la gráfica 3.1. se observa la pérdida de peso promedio de los frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, con base en el análisis estadístico no representa diferencias significativas, sin embargo, se muestra que a 60 cm de distancia con un tiempo de exposición de 30 min se obtuvo una menor pérdida de peso.



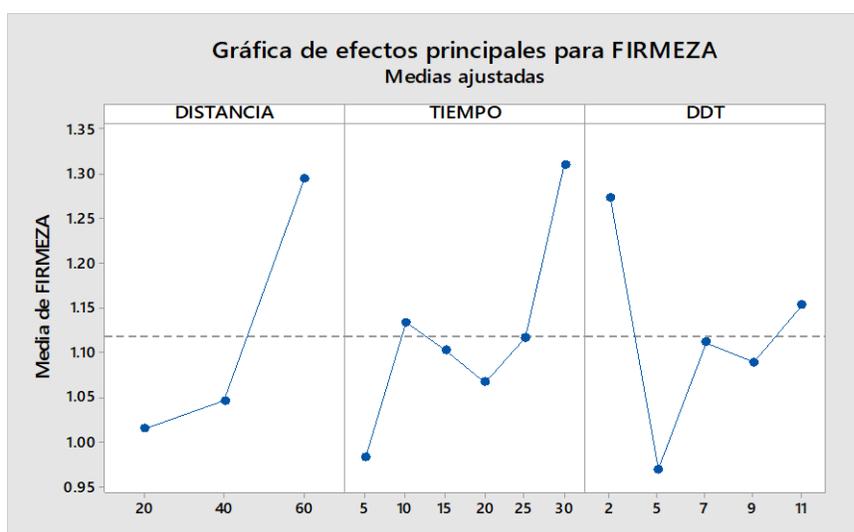
Gráfica 3.1. Efectos principales para pérdida de peso de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de distancia y tiempo de exposición de los frutos.

El promedio de días de vida útil de los frutos se muestra en la gráfica 3.2; donde la combinación de 60 cm a 10 min presenta el mayor número de días de vida útil seguida 60 cm a 30 min sólo por encima del testigo.



Gráfica 3.2. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, donde T0 representa al Testigo, T1 una distancia de 20 cm, T2 40 cm y T3 60 cm de separación respectivamente sobre las lámparas de UV; e intervalos de 5 min de tiempo partiendo en 5 min hasta llegar a 30 min combinado con los tratamientos de distancia.

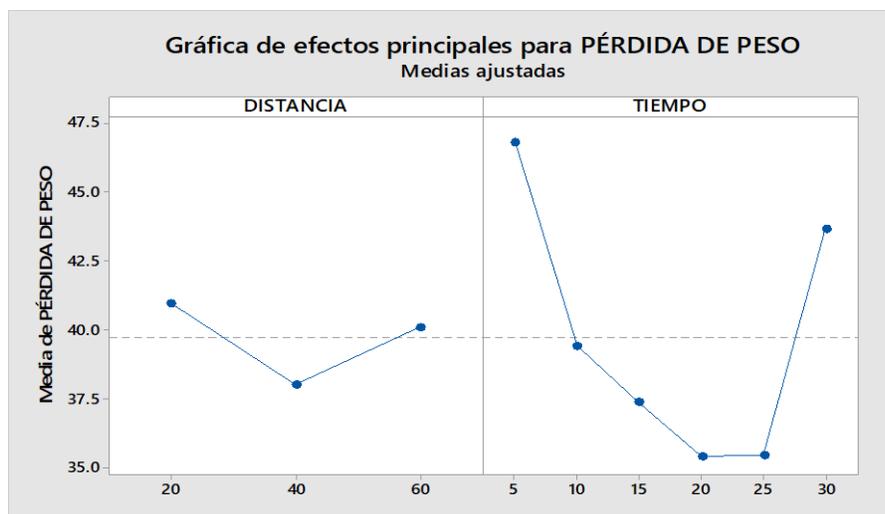
Como se muestra en la gráfica 3.3, referente a la firmeza del fruto y conforme al resultado del análisis estadístico, se muestra que a una distancia de 60 cm a 30 min de exposición presenta una diferencia significativa; siendo esta combinación la adecuada para este parámetro de calidad.



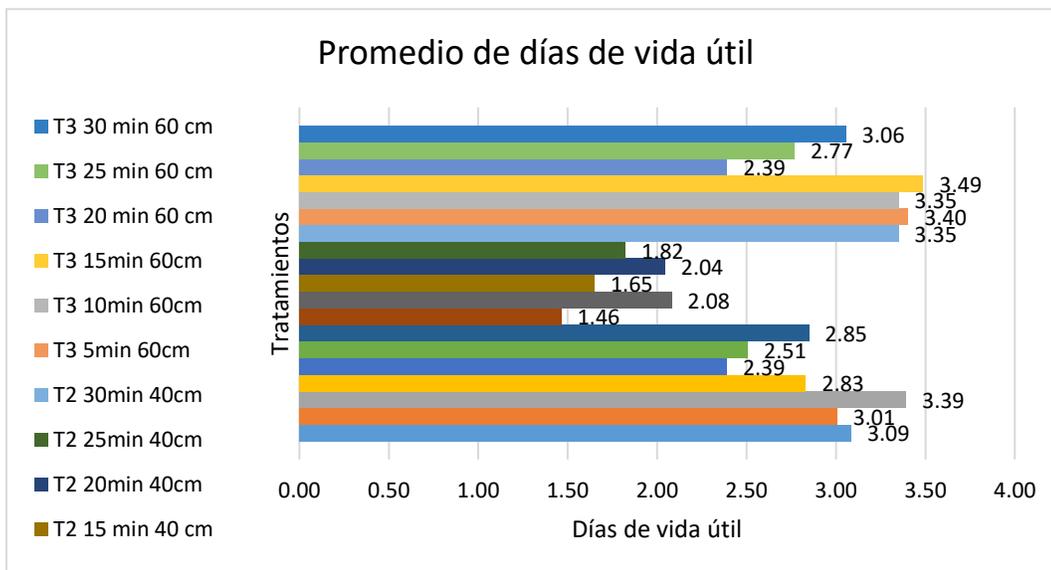
Gráfica 3.3. Efectos principales de la firmeza del higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de distancia, tiempo y días de muestreo.

3.1.2. Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente

En el caso de la pérdida de peso en la condición ambiente como se muestra en la gráfica 3.4, con una distancia 40 a 20 min se presentó una menor pérdida de peso promedio representado el tiempo un factor significativo, el promedio de vida útil de frutos (Gráfica 3.5), la combinación 60 cm a 30 min presentó el mayor número de días de vida útil.

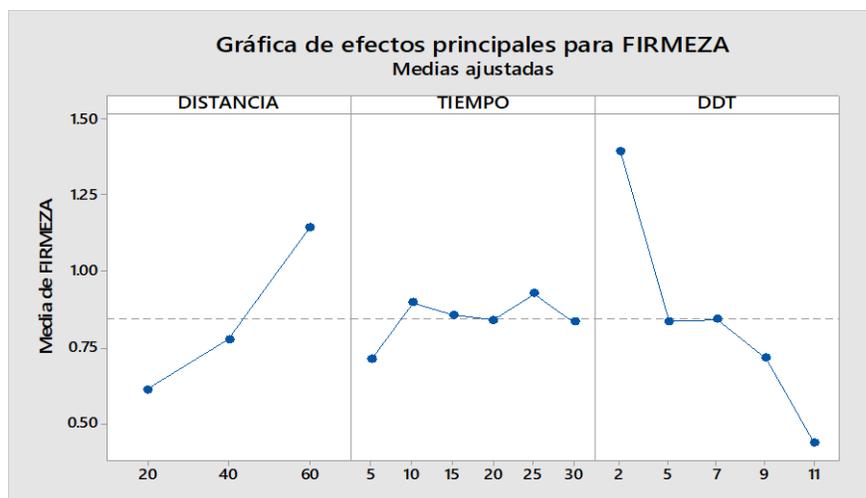


Gráfica 3.4. Efectos principales para pérdida de peso de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los factores de distancia y tiempo de exposición de los frutos.



Gráfica 3.5. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, donde T0 representa al Testigo, T1 una distancia de 20 cm, T2 40 cm y T3 60 cm de separación respectivamente sobre las lámparas de UV; e intervalos de 5 min de tiempo partiendo en 5 min hasta llegar a 30 min combinado con los tratamientos de distancia.

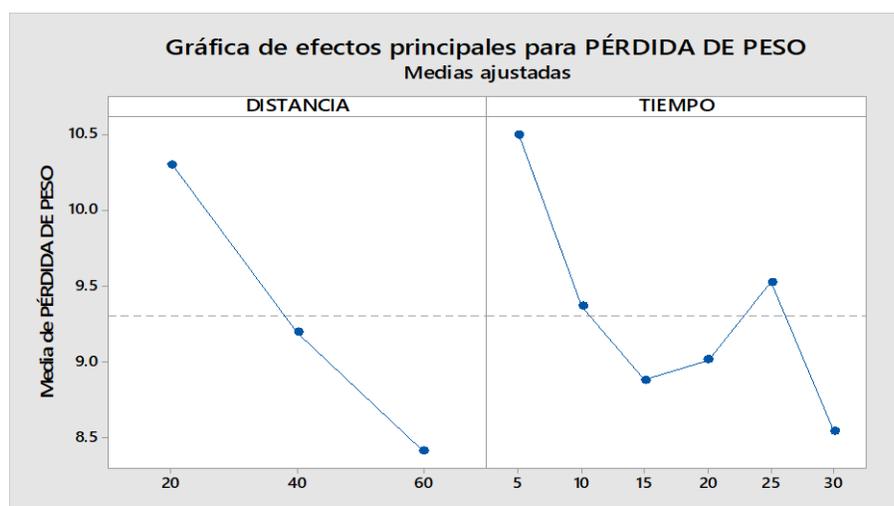
Como se muestra en la gráfica 3.6, el factor de la distancia representa una diferencia estadísticamente significativa siendo el tratamiento de 60 cm a 25 min el cual presentó una mayor firmeza.



Gráfica 3.6. Efectos principales de la firmeza del higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente. medias ajustadas para los factores de distancia, tiempo y días de muestreo.

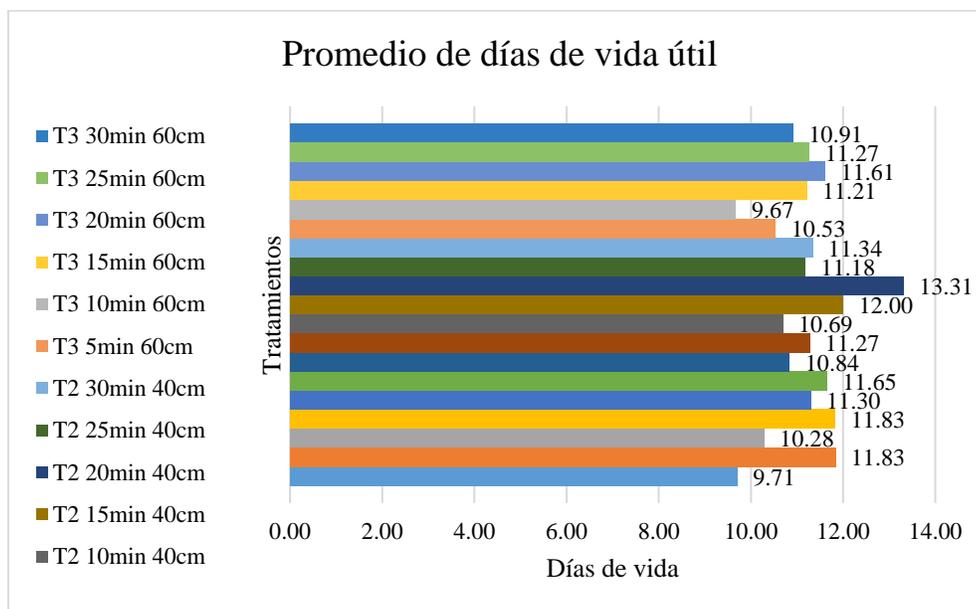
3.1.3. Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C

La gráfica 3.7 muestra la pérdida de peso de los frutos, con base en análisis estadístico el factor de tiempo presenta una diferencia significativa siendo la distancia de 60 cm a una exposición de 30 min la mejor combinación.



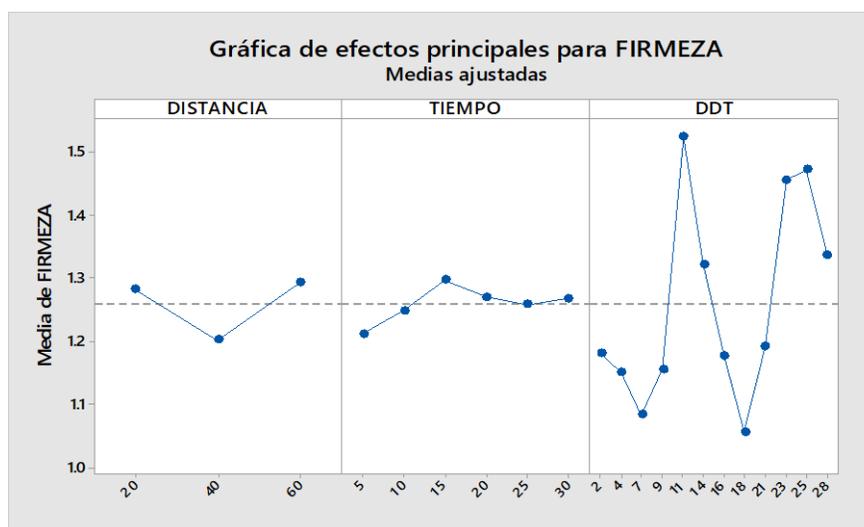
Gráfica 3.7. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de distancia y tiempo de exposición de los frutos.

Por otra parte, se muestra la vida útil obtenida (Gráfica 3.8) que señala a la combinación de 20 min de exposición a 40 cm de distancia con el mayor número de días en promedio basado en el análisis de Weibull.



Gráfica 3.8. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, donde T0 representa al Testigo, T1 una distancia de 20 cm, T2 40 cm y T3 60 cm de separación respectivamente sobre las lámparas de UV; e intervalos de 5 min de tiempo partiendo en 5 min hasta llegar a 30 min combinado con los tratamientos de distancia.

Finalmente, en el parámetro de firmeza (Gráfica 3.9) el factor de la distancia es estadísticamente significativo teniendo una combinación de 60 cm a 15 min de exposición.



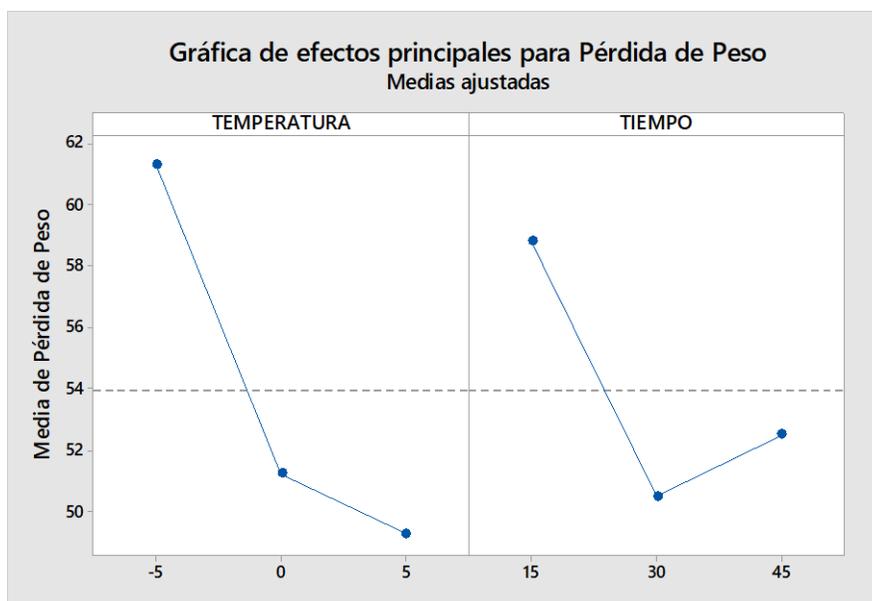
Gráfica 3.9. Efectos principales de la firmeza Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de distancia, tiempo y días de muestreo.

3.2. Tratamiento aspersión de aire frío

Para el tratamiento de aspersión con aire frío se obtuvo la dosis de tiempo e intensidad de temperatura baja como método de conservación de los frutos sin que cause daños en su estructura, muerte de sus células, congelamiento irreversible entre otros parámetros de calidad necesarios para su consumo, con ello también generar dormancia o latencia en los frutos haciendo que sus procesos bioquímicos se lleven a cabo de manera más lenta evitando la transpiración y pérdida de agua.

3.2.1. Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C

Estadísticamente los factores de tiempo y distancia son significativamente diferentes en relación a la pérdida de peso, la gráfica 3.10 muestra la interacción de los mismos donde la exposición a 5 °C de temperatura durante 30 segundos indica la combinación deseada para una menor pérdida de peso.



Gráfica 3.10. Efectos principales para pérdida de peso de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de temperatura y tiempo de exposición de los frutos.

El promedio de vida útil para esta condición muestra que ocho de las nueve combinaciones establecidas son superiores al testigo, considerando la exposición a 0 °C durante 15 segundos como la más efectiva (Gráfica 3.11). El aumento de la vida útil es una característica deseada y al aplicar estas combinaciones resulta de manera favorable para su incremento en los frutos de Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission).

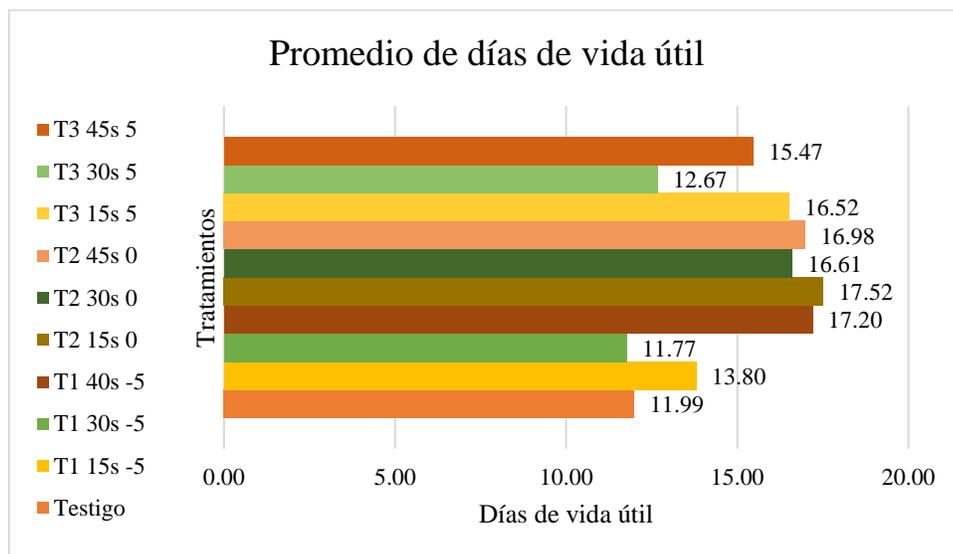


Gráfico 3.11. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, donde se representa al Testigo, T1 -5 °C, T2 0 °C y T3 5 °C siendo la temperatura de exposición; e intervalos de 15 s de tiempo partiendo en 15 s hasta llegar a 45 s combinado con los tratamientos de temperatura de exposición.

3.2.2. Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente

La pérdida de peso a esta condición muestra diferencias estadísticamente significativas entre los factores, siendo la combinación de 5 °C de temperatura a un tiempo de exposición de 30 segundos la cual presenta la menor pérdida de peso en los frutos.

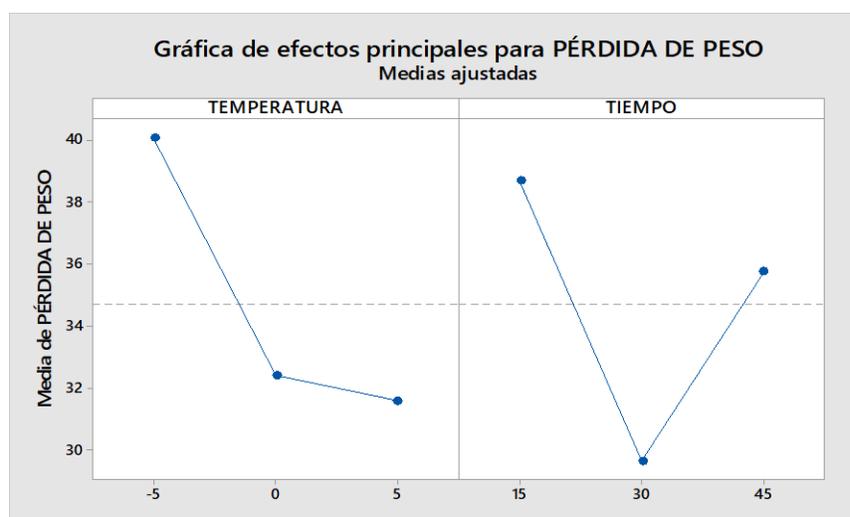
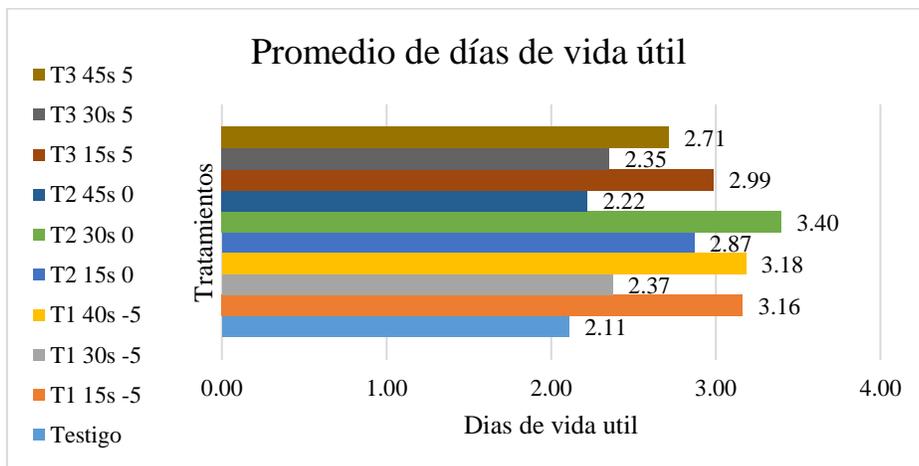


Gráfico 3.12. Efectos principales para pérdida de peso de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los factores de temperatura y tiempo de exposición de los frutos.

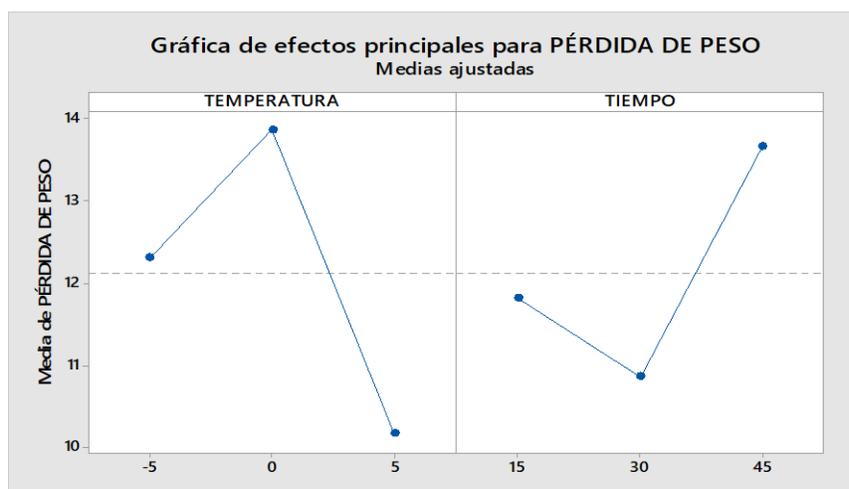
Como se muestra en la gráfica 3.13. la vida útil de los frutos se incrementó en todas las combinaciones por encima del testigo, teniendo un mayor rendimiento la temperatura de 0° C durante un periodo de exposición a 30 segundos.



Gráfica 3.13. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, donde se representa al Testigo, T1 -5 °C, T2 0 °C y T3 5 °C siendo la temperatura de exposición; e intervalos de 15 s de tiempo partiendo en 15 s hasta llegar a 45 s combinado con los tratamientos de temperatura de exposición.

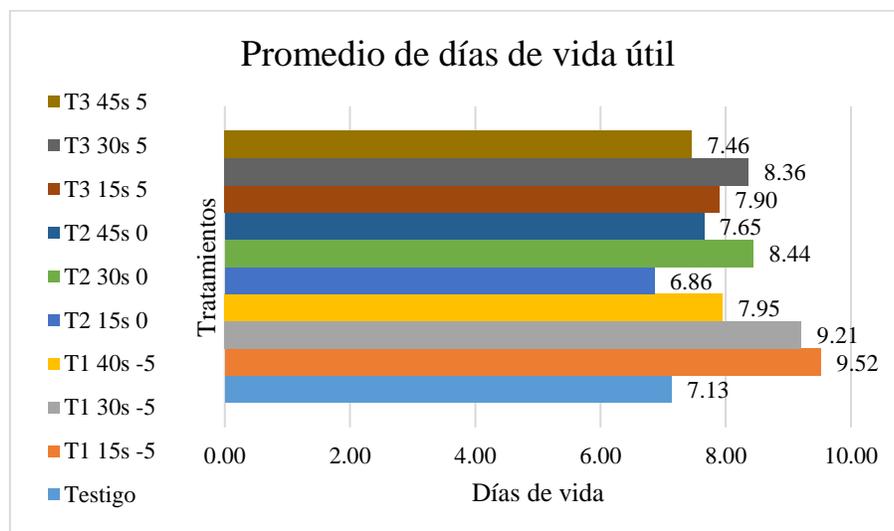
3.2.3. Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C

En promedio la pérdida de peso presenta una diferencia estadísticamente significativa ligada al factor de temperatura (Gráfica 3.14), considerando una temperatura de exposición a 5 °C durante un periodo de 30 segundos como la combinación más efectiva.



Gráfica 3.14. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los factores de temperatura y tiempo de exposición de los frutos.

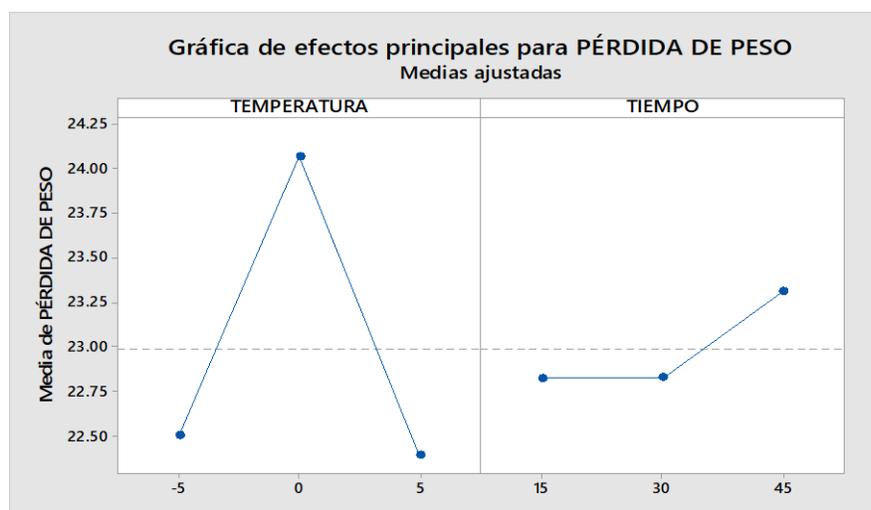
La gráfica 3.15 muestra la vida útil de los frutos obtenida mediante el análisis de Weibull donde la combinación de la temperatura -5 °C a 15 segundos de tiempo de exposición presentó el mayor número de días de vida.



Gráfica 3.15. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, donde se representa al Testigo, T1 -5 °C, T2 0 °C y T3 5 °C siendo la temperatura de exposición; e intervalos de 15 s de tiempo partiendo en 15 s hasta llegar a 45 s combinado con los tratamientos de temperatura de exposición.

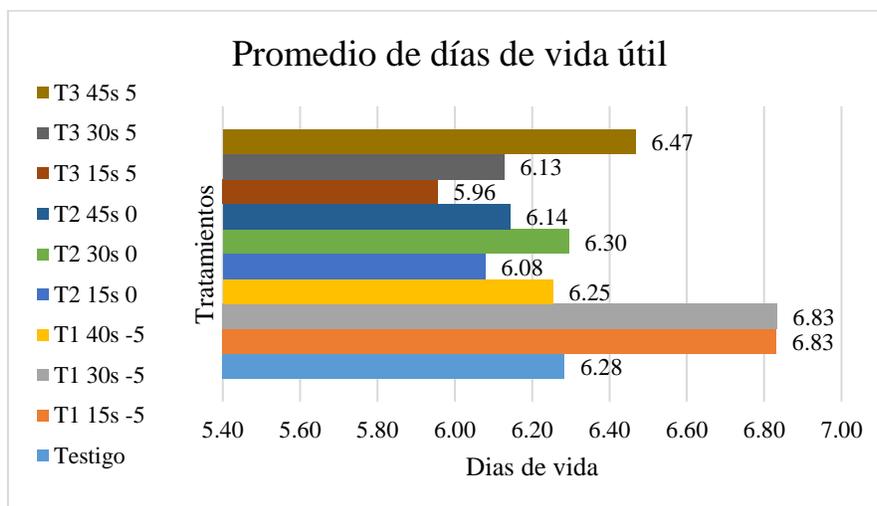
3.2.4. Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) a temperatura ambiente.

De manera estadísticamente significativa la combinación de 5 °C a un tiempo de exposición de 15 segundos presenta la menor pérdida de peso (Gráfica 3.16).



Gráfica 3.16. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de temperatura ambiente, medias ajustadas para los factores de temperatura y tiempo de exposición de los frutos.

Las combinaciones de -5 °C de temperatura a un tiempo de exposición de 15 y 30 segundos presentan el mayor número de días de vida útil, por encima del testigo como se observa en la gráfica 3.17.

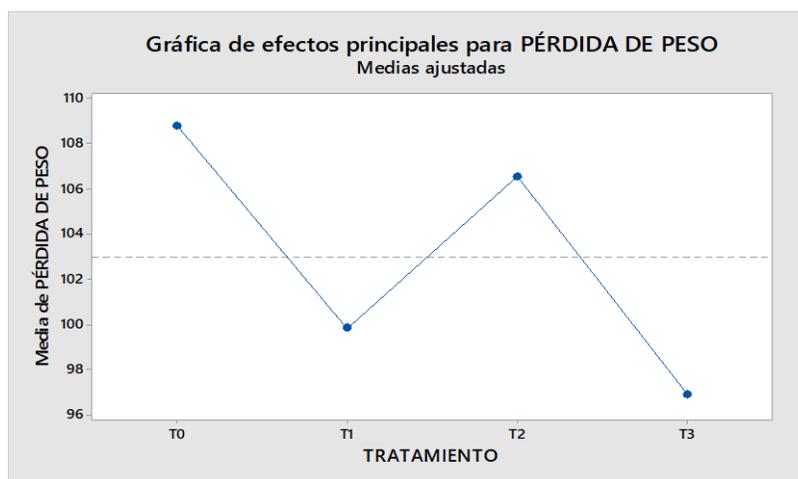


Gráfica 3.17. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) a temperatura ambiente, donde se representa al Testigo, T1 -5 °C, T2 0 °C y T3 5 °C siendo la temperatura de exposición; e intervalos de 15 s de tiempo partiendo en 15 s hasta llegar a 45 s combinado con los tratamientos de temperatura de exposición.

3.3. Recubrimiento comestible

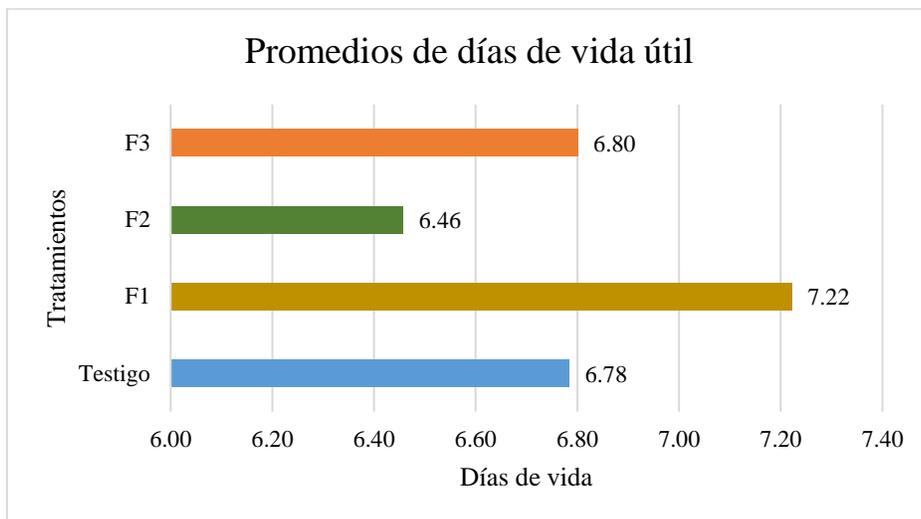
3.3.1. Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C

No existe una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la pérdida de peso de los frutos en refrigeración, sin embargo, el tratamiento con mejor rendimiento fue el tercero como se muestra en la gráfica 3.18.



Gráfica 3.18. Efectos principales para pérdida de peso de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los tratamientos.

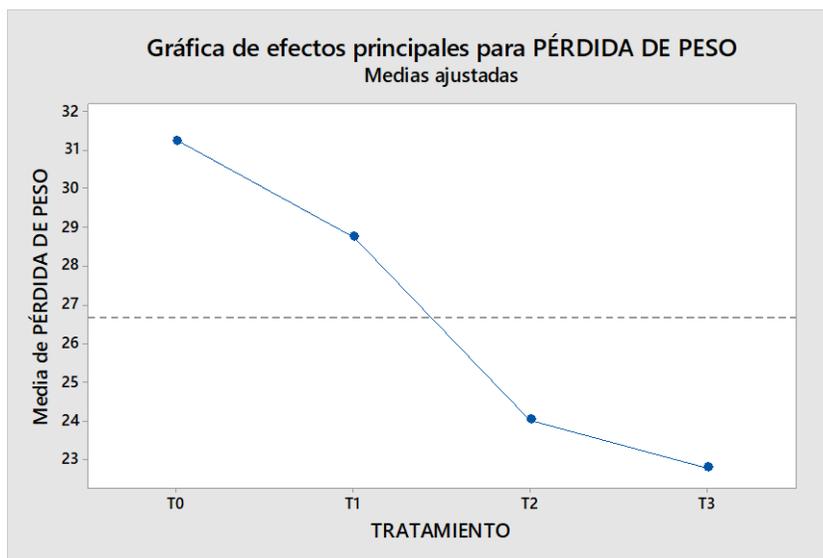
Basado en el análisis de Weibull la el tratamiento uno obtuvo el mayor número de días de vida útil en promedio (Gráfica 3.19).



Gráfica 3.19. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.

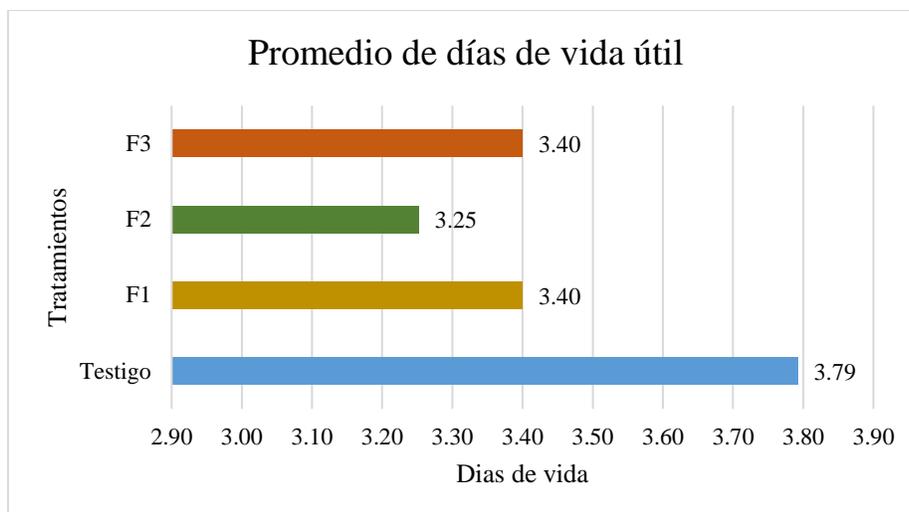
3.3.2. Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente

La pérdida de peso no representa una diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, el tratamiento número tres presenta la menor pérdida de peso como se muestra en la gráfica 3.20.



Gráfica 3.20. Efectos principales para pérdida de peso de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los tratamientos.

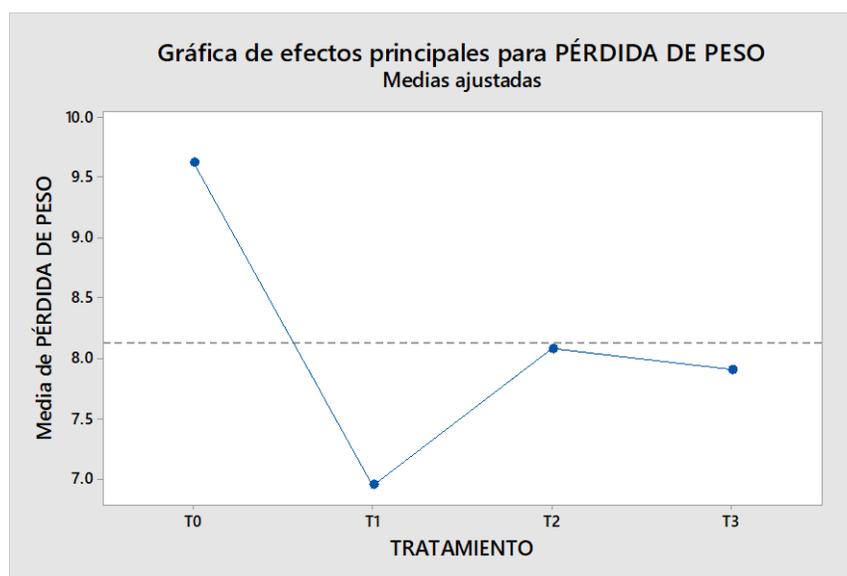
Los tratamientos utilizados no presentan un resultado positivo en cuanto a la vida útil de los frutos, como se muestra en la gráfica 3.21.



Gráfica 3.21. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente.

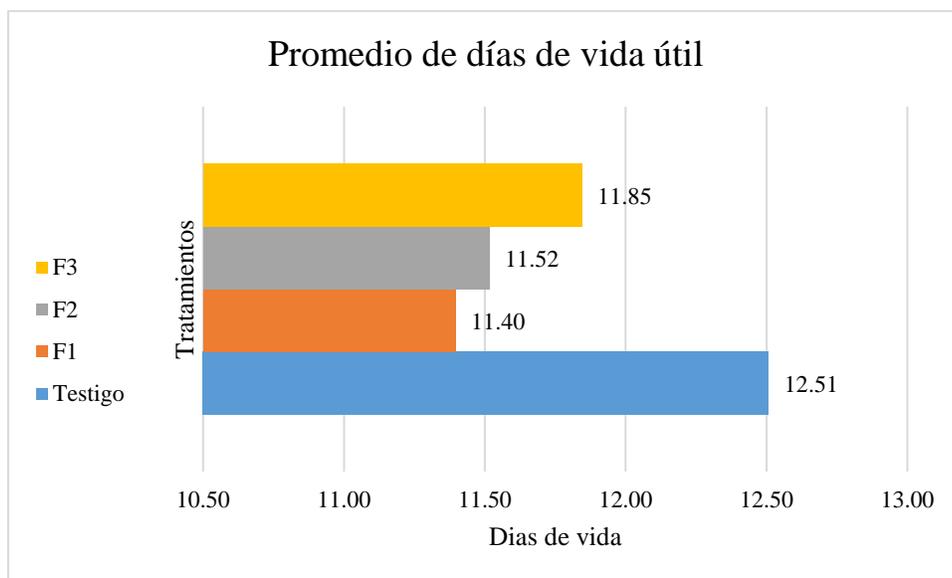
3.3.3. Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C

No se presenta una diferencia estadísticamente significativamente en cuanto a la pérdida de peso del fruto como se muestra en la gráfica 3.22, sin embargo, el tratamiento uno obtuvo la menor pérdida de peso en comparativa con el testigo y los demás tratamientos.



Gráfica 3.22. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los tratamientos.

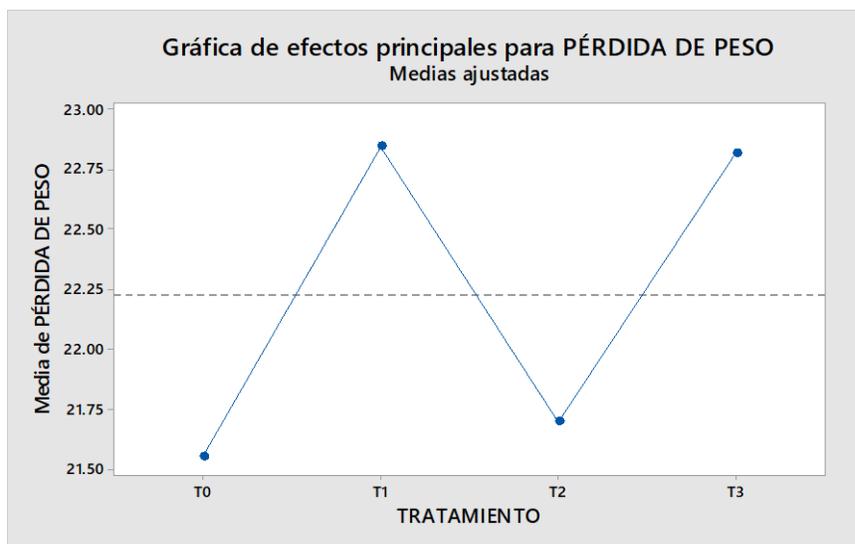
De igual manera, como se muestra en la gráfica 3.23; los tratamientos aplicados obtuvieron un menor número de días de vida útil con referencia al testigo.



Gráfica 3.23. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.

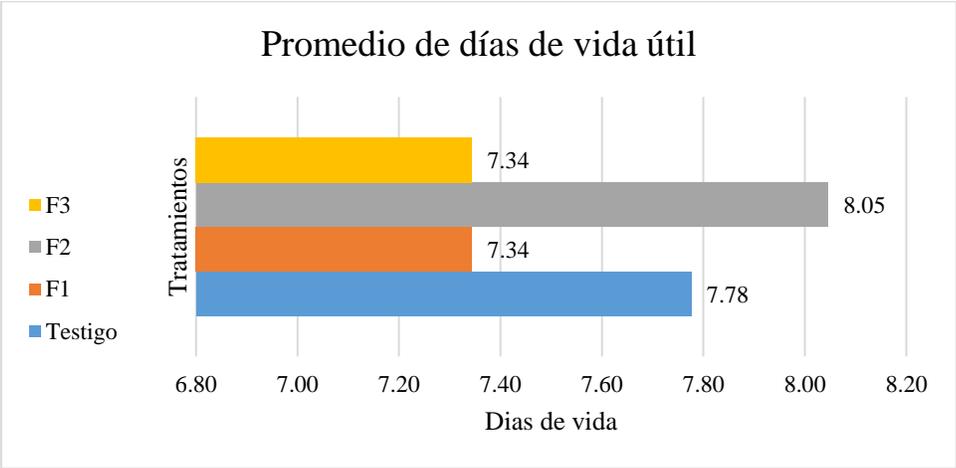
3.3.4. Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) a temperatura ambiente.

Para la pérdida de peso no se presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, gráficamente el testigo presentó la menor pérdida de peso seguido del tratamiento dos como se aprecia en la gráfica 3.24.



Gráfica 3.24. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los tratamientos.

En cambio, la vida útil se vio aumentada en el tratamiento dos al estar por encima de los demás tratamientos y el testigo (Gráfica 3.25).



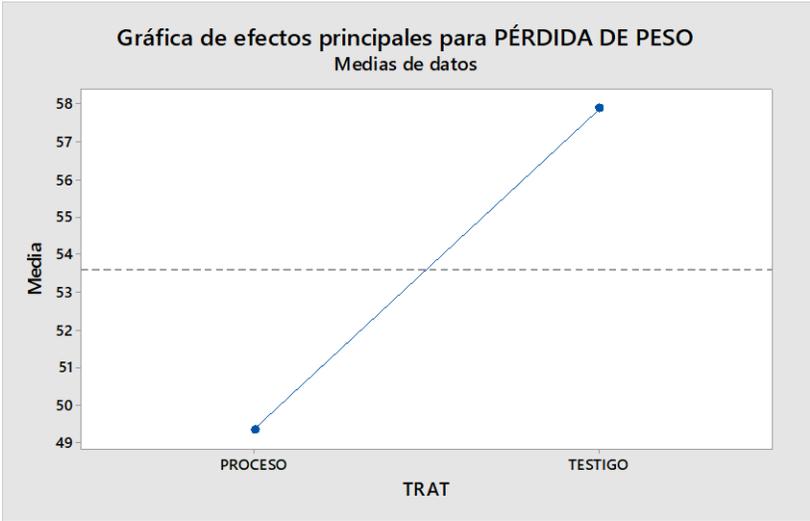
Gráfica 3.25. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) a temperatura ambiente.

3.4. Proceso

Finalmente, al obtener dosis exactas para cada fruto y en cada método postcosecha se desarrolló e implementó el proceso combinado para ambos frutos obteniendo los siguientes resultados:

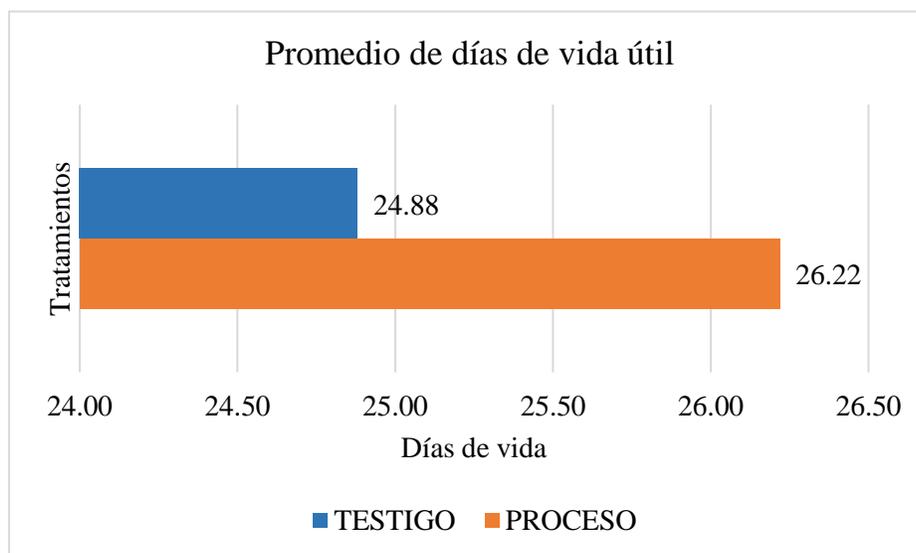
3.4.1. Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C

Como se muestra en la gráfica 3.26, la pérdida de peso es estadísticamente significativa en comparativa con el testigo el cual presentó una mayor pérdida con base en el análisis estadístico.



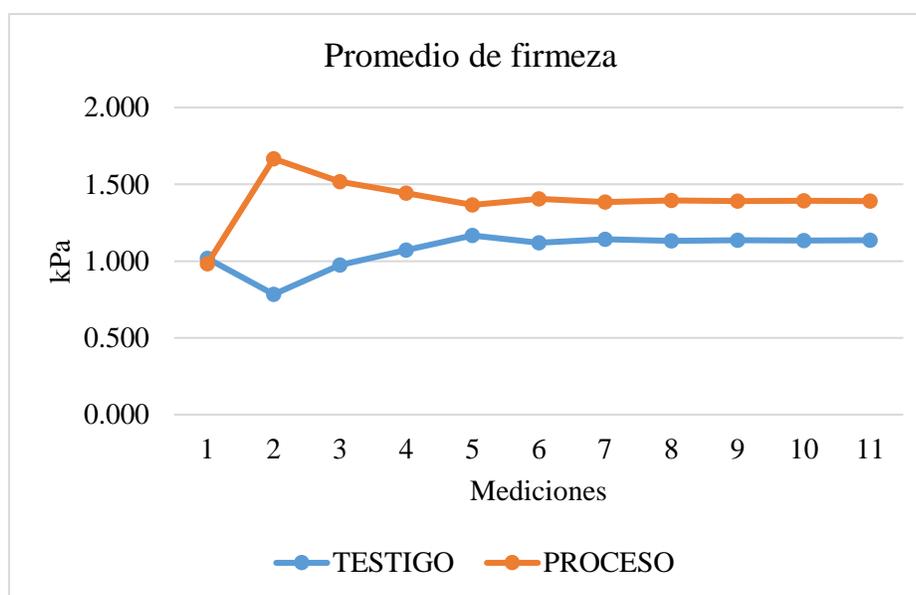
Gráfica 3.26. Efectos principales para pérdida de peso de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C medias ajustadas para los tratamientos.

En el caso del promedio de días de vida útil como se muestra en la gráfica 2.27, el testigo obtuvo en promedio 24.88 días de vida a diferencia de los frutos tratados con el proceso, los cuales presentaron el mayor número de días con un promedio de 26.22.



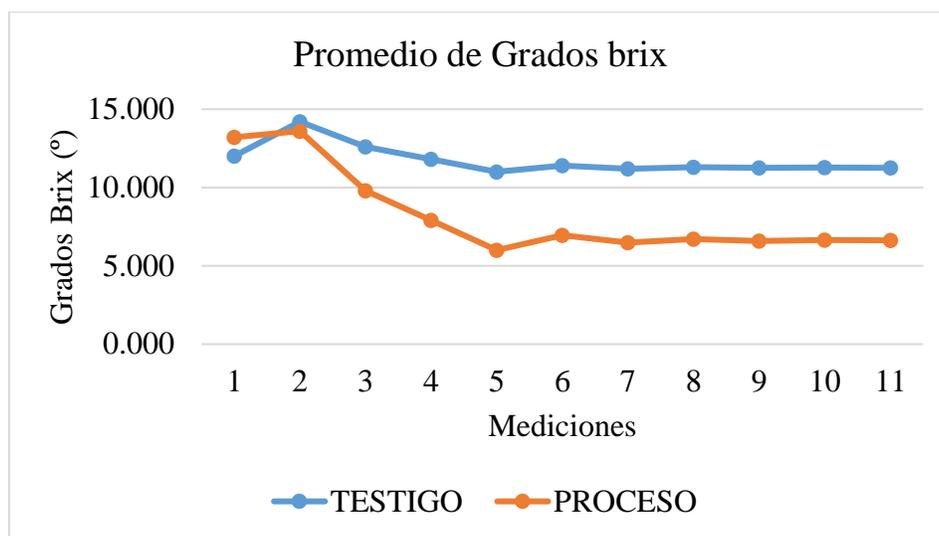
Gráfica 3.27. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.

La firmeza presenta una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos al obtener el testigo un promedio de 1.07 kPa a diferencia del proceso con 1.39 kPa basados en el análisis estadístico realizado, el comportamiento se muestra en la gráfica 3.28.



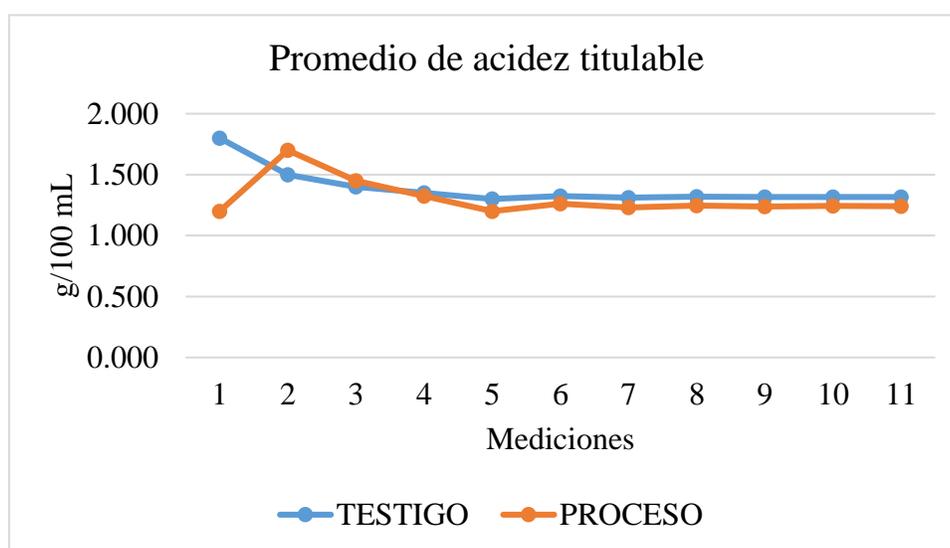
Gráfica 3.28. Comportamiento y promedio de la firmeza de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.

Los ° brix presentaron una diferencia estadísticamente significativa, la comparativa de ambos tratamientos muestra en promedio 11.75 ° brix para el caso del testigo, a diferencia del proceso el cual ostentó un promedio menor de 8.22 ° brix, todo esto con base en el análisis estadístico realizado y el comportamiento de los mismos se muestra en la siguiente gráfica 3.29.



Gráfica 3.29. Comportamiento y promedio de los grados brix de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.

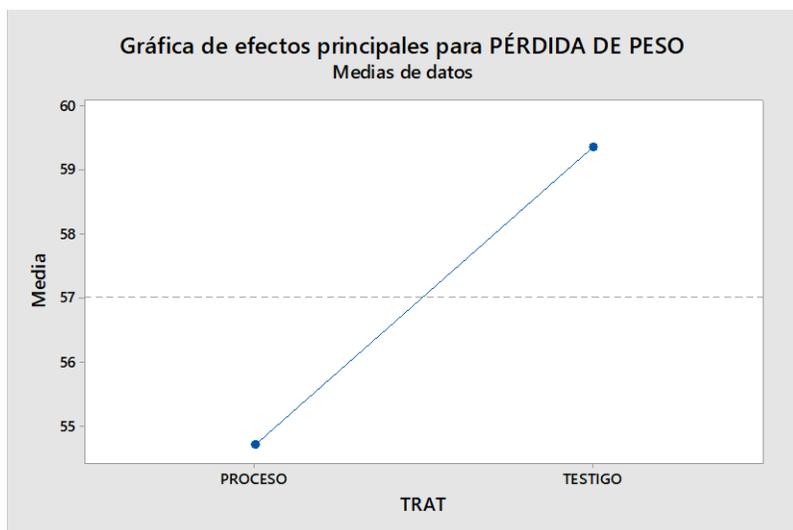
En el caso de la acidez titulable y con base en el análisis estadístico realizado no presenta diferencias estadísticamente significativas, así mismo, en la gráfica 3.30 se muestra el comportamiento de la acidez titulable.



Gráfica 3.30. Comportamiento y promedio de acidez titulable de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) en condiciones de refrigeración a 5 °C.

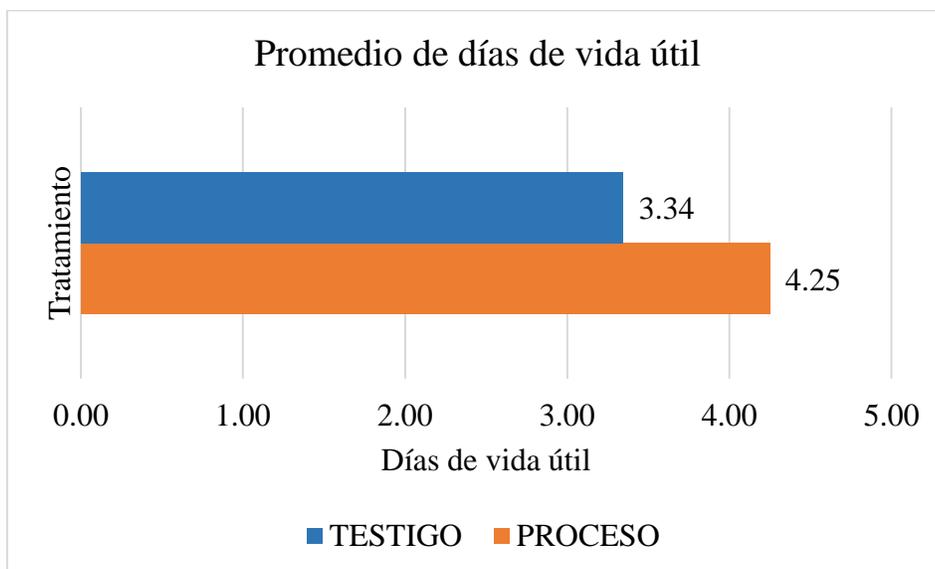
3.4.2. Higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente

La pérdida de peso en condiciones de temperatura ambiente no presenta una diferencia estadísticamente significativa; sin embargo, en la gráfica 3.31 se muestra las medias de los datos.



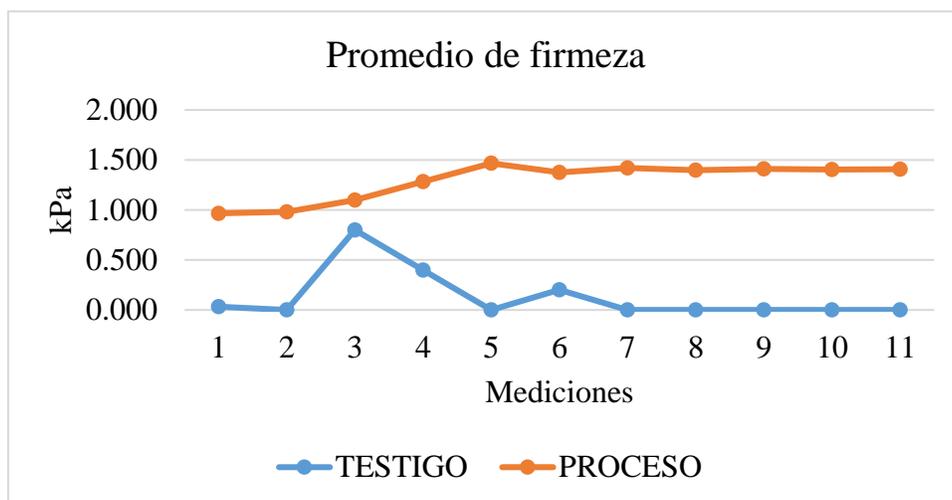
Gráfica 3.31. Efectos principales para pérdida de peso de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los tratamientos.

La vida útil de los frutos como se observa en la gráfica 3.32 muestra que el testigo se presentó un promedio de días de vida de 3.34 a diferencia del proceso el cual fue mayor al obtener un promedio de 4.25 días de vida útil.



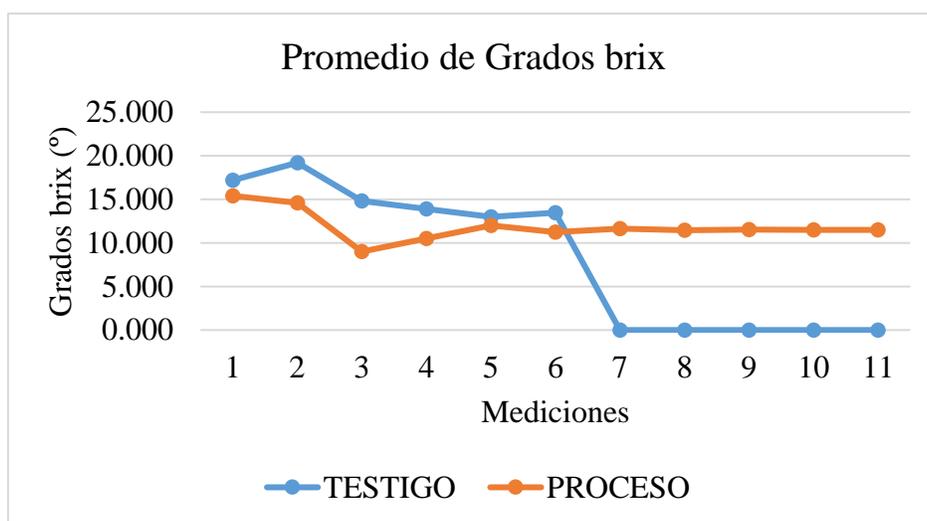
Gráfica 3.32. Promedio de días de vida útil de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente.

Con base en el análisis estadístico realizado la firmeza de los frutos si presenta una diferencia estadísticamente significativa al tener el testigo un promedio de 0.13 kPa a diferencia del proceso el cual presentó un promedio de 1.29 kPa de firmeza y dicho comportamiento se muestra en la gráfica 3.33.



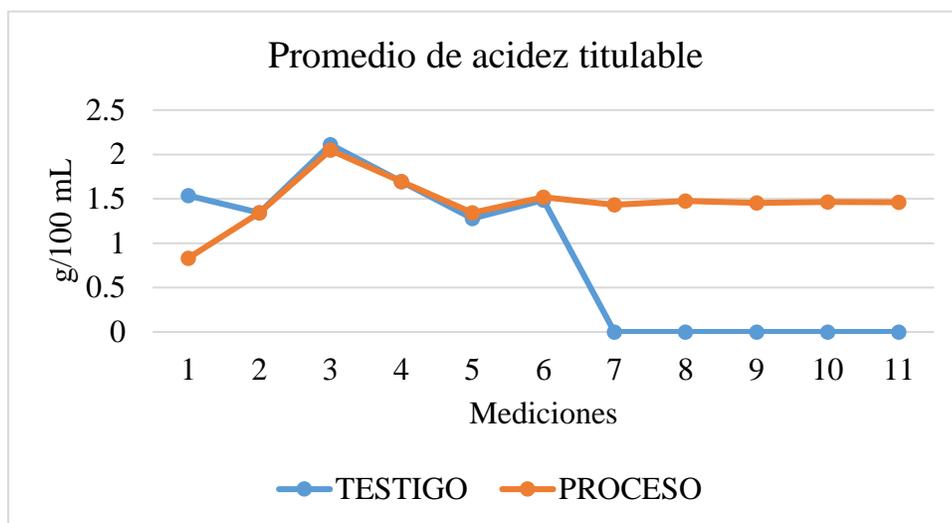
Gráfica 3.33. Comportamiento y promedio de la firmeza de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente.

El promedio de ° brix no representa una diferencia estadísticamente significativa debido a que se mantuvo a la par el nivel de los mismos, a diferencia que se desecharon los testigos después de doce días. Por su parte, los tratados con el proceso se mantuvieron sin cambios como se muestra en la gráfica 3.34.



Gráfica 3.34. Comportamiento y promedio de los grados brix de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperatura ambiente.

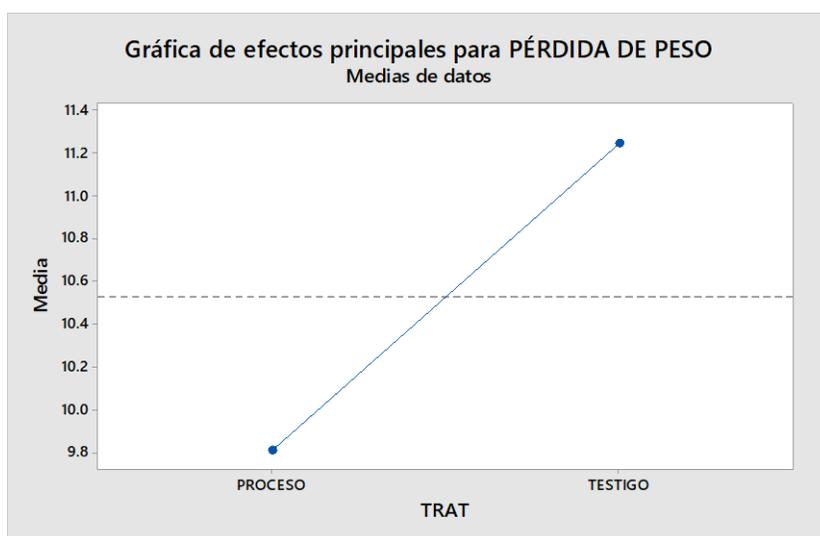
Del mismo modo, en la acidez titulable tampoco se presentó una diferencia estadísticamente significativa debido a que el promedio de la misma se mantuvo a la par tanto en el testigo como en el proceso, así como se muestra en la gráfica 3.35.



Gráfica 3.35. Comportamiento y promedio de acidez titulable de frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) a temperaturas ambiente.

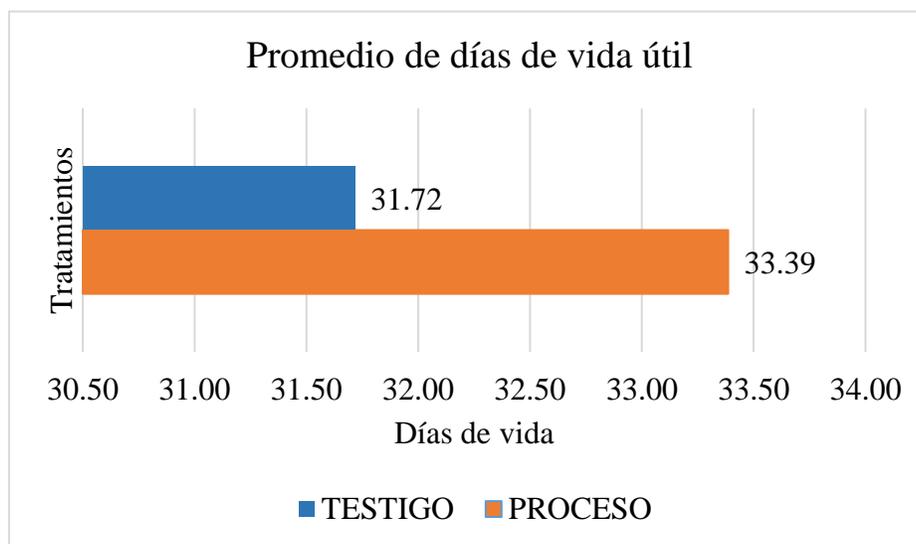
3.4.3. Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C

La pérdida de peso no presentó una diferencia estadísticamente significativa como se muestra en la gráfica 3.36 de efectos principales de las medias de los datos.



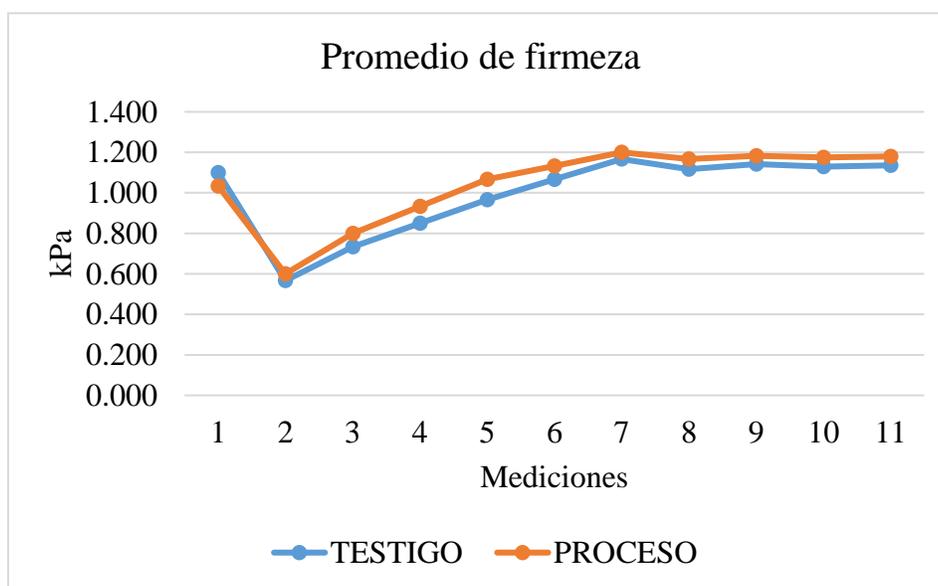
Gráfica 3.36. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C, medias ajustadas para los tratamientos.

La vida útil de los frutos de muestra a continuación en la gráfica 3.37; donde, se presenta al testigo con un promedio de días de vida útil de 31.72, por su parte el proceso presentó un promedio de 33.39 días de vida útil.



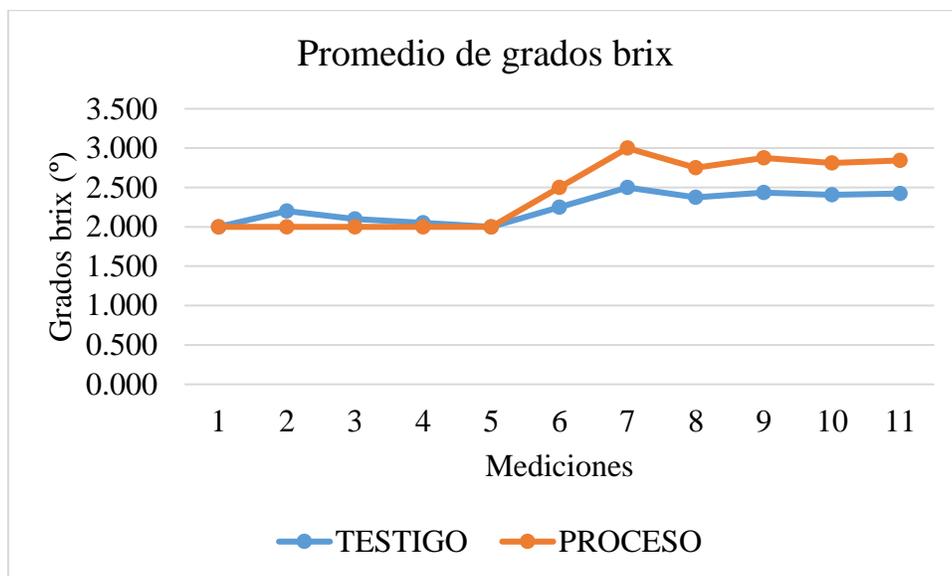
Gráfica 3.37. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.

La firmeza no presenta una diferencia estadísticamente significativa como se visualiza en la gráfica 3.38 el comportamiento del promedio de la misma, teniendo el testigo un promedio de 0.99 kPa y el proceso con 1.04 kPa.



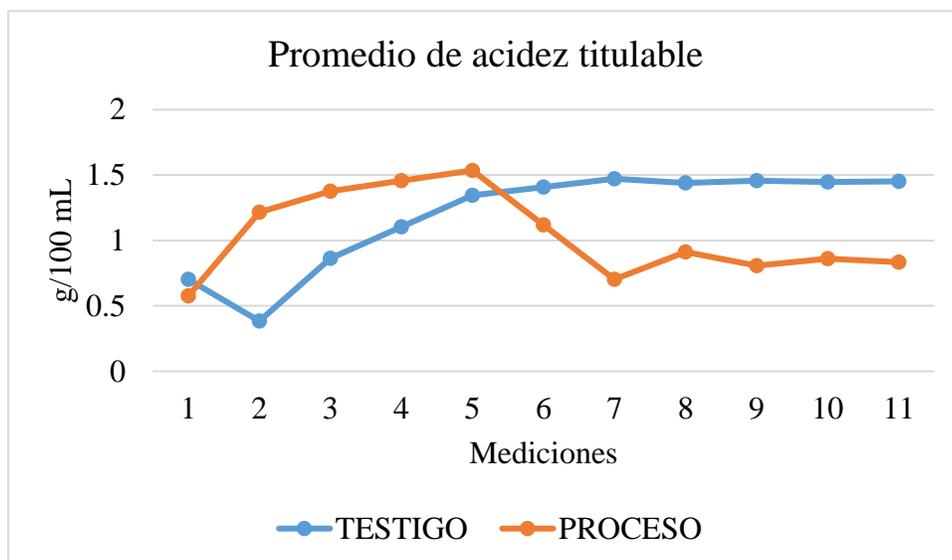
Gráfica 3.38. Comportamiento y promedio de la firmeza de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.

No existe una diferencia estadísticamente significativa en el comportamiento y las medias de los ° brix, todo esto en base al análisis estadístico realizado, se muestra el comportamiento de las medias en la gráfica 3.39.



Gráfica 3.39. Comportamiento y promedio de los grados brix de frutos de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.

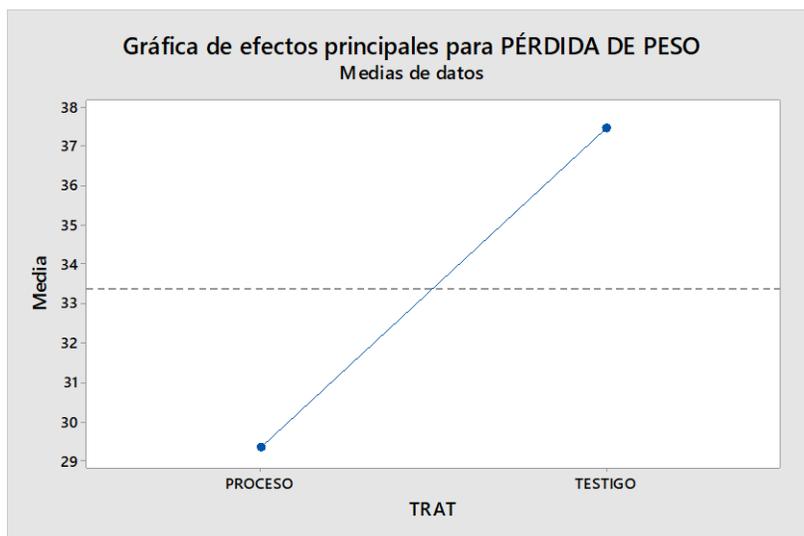
Para la acidez titulable, con base en el análisis estadístico no presenta una diferencia estadísticamente significativa; se muestra el comportamiento de los promedios de las mediciones (Gráfica 3.40).



Gráfica 3.40. Comportamiento y promedio de acidez titulable de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) en condiciones de refrigeración a 5 °C.

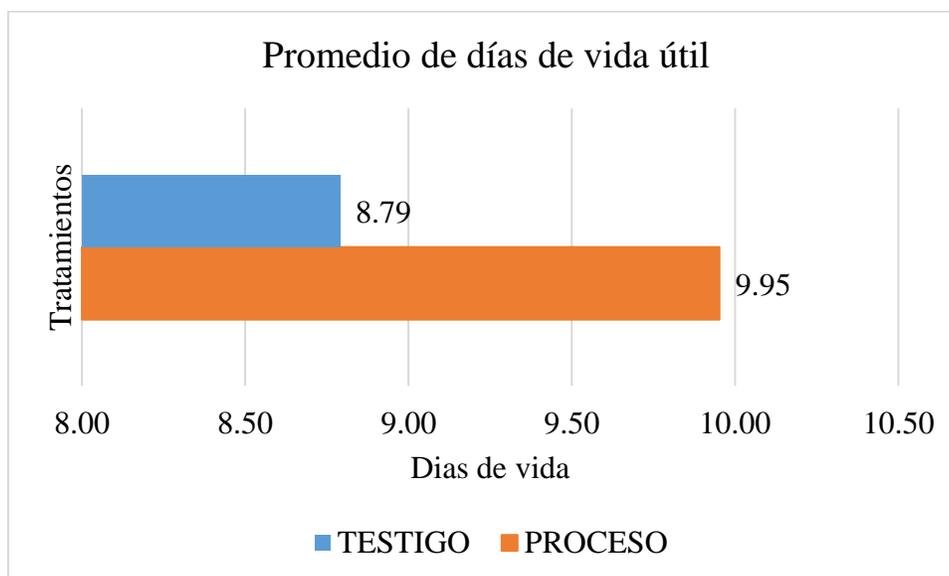
3.4.4. Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. *Biloxi*) a temperatura ambiente.

La pérdida de peso presenta una diferencia estadísticamente significativa con base en el análisis estadístico realizado; la media del testigo de 37.46 g en comparativa con la del proceso con 29.33 g, se muestra la gráfica de los efectos principales para esta variable (Gráfica 3.41).



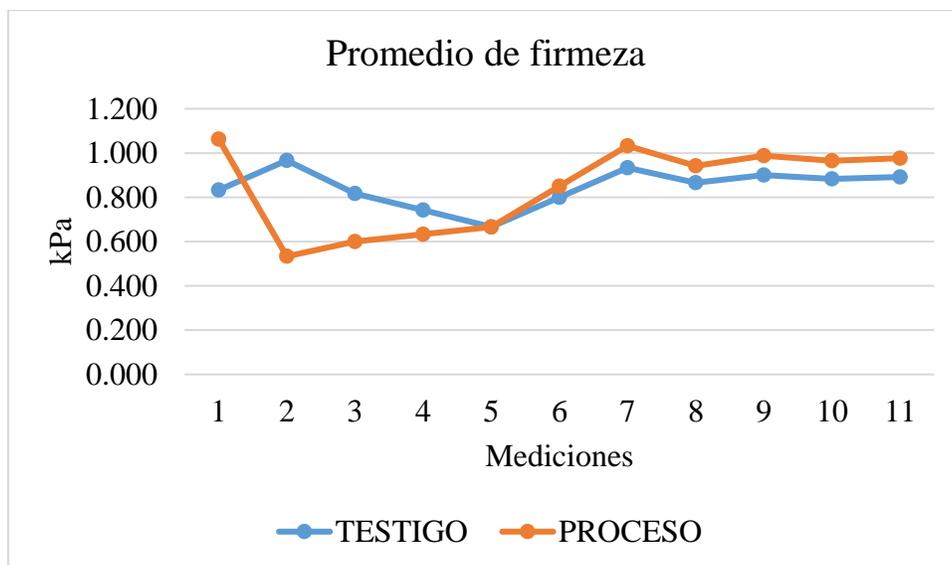
Gráfica 3.41. Efectos principales para pérdida de peso de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. *Biloxi*) a temperatura ambiente, medias ajustadas para los tratamientos.

El promedio de la vida útil de los frutos con base en el análisis de Weibull (Gráfica 3.42), se muestra al testigo con un promedio de 8.79 días de vida en comparativa con el proceso al tener en promedio 9.95 días de vida útil.



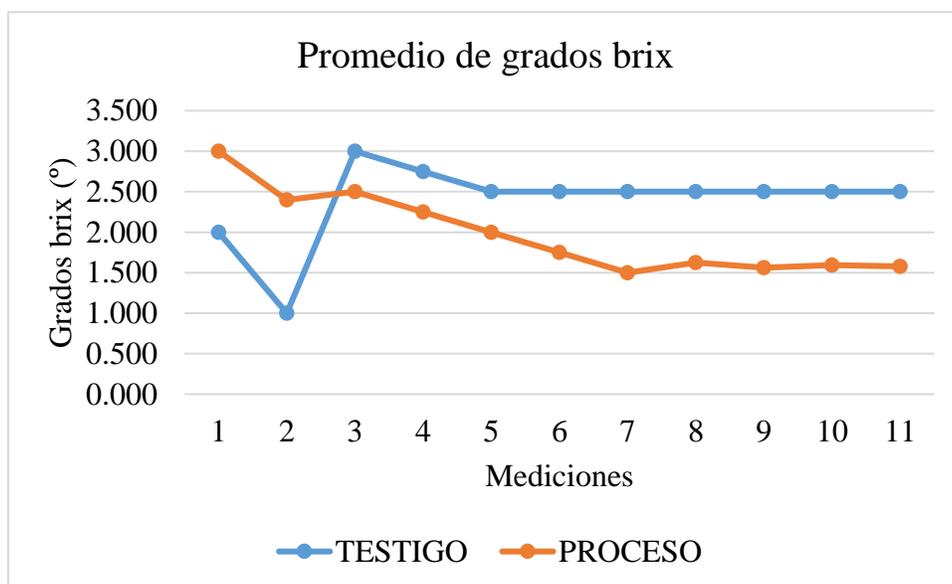
Gráfica 3.42. Promedio de días de vida útil de frutos de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. *Biloxi*) a temperatura ambiente.

Los frutos no presentaron cambios en la firmeza entre los tratamientos, con base en el análisis estadístico no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa por lo tanto se muestra el comportamiento de las medias de firmeza (Gráfica 3.43).



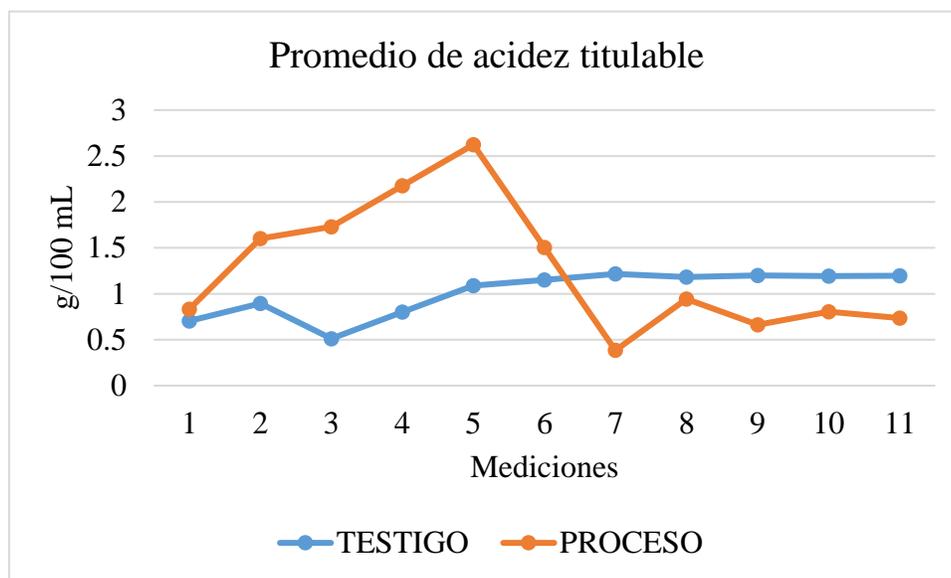
Gráfica 3.43. Comportamiento y promedio de la firmeza de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) a temperatura ambiente.

Como se muestra en la gráfica 3.44, el comportamiento de ambos tratamientos fue similar a partir de la tercera medición; sin embargo, no existe una diferencia estadísticamente significativa dado el resultado del análisis estadístico realizado.



Gráfica 3.44. Comportamiento y promedio de los grados brix de frutos de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) a temperatura ambiente.

Finalmente, se presentaron fluctuaciones en el comportamiento de la acidez titulable (Gráfica 3.45); sin embargo, con base en el análisis estadístico no presenta diferencias estadísticamente significativas.



Gráfica 3.45. Comportamiento y promedio de acidez titulable de Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) a temperatura ambiente.

3.5. Discusión

La aplicación de radiación UV-C en frutas y hortalizas es una gran alternativa, ya que reduce la carga microbiana superficial inicial si dejar residuos; por su parte, Moreno-Guerrero, et al. (2016), al trabajar con mora de Castilla (*Rubus glaucus*), presentaron una pérdida de peso que aumentó significativamente en los frutos control, pasando de 1,63% en el día 5 a 7,29% en el día 20; del mismo modo en la evaluación de la pérdida de peso en el higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) y en Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi), se presentó un mayor aumento en los controles asemejando los resultados de manera similar.

Núñez-Barrios, et al. (2008), demostraron que la temperatura y los períodos de prealmacenamiento afectaron la calidad de los frutos de arándano (*Vaccinium* sp.) en términos de firmeza y pérdida de peso. Realizaron un prealmacenamiento de 48 h en combinación con temperaturas de 32 °C fue el que más afectó la calidad por que redujo la firmeza de los frutos en 16.2, 18.5 y 20.8% en los cultivares Brighthwell, Tifblue y Powderblue respectivamente. Del mismo modo se concuerda con lo obtenido al almacenar los frutos de Arándano (*Vaccinium*

corymbosum var. Biloxi) a temperatura ambiente, también encontraron que la pérdida de peso de los frutos se incrementó significativamente después de 22 °C, por tal motivo al utilizar una temperatura superior el deterioro aumenta de manera considerable lo cual sucedió en los arándanos tratados.

Para los recubrimientos comestibles en higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) Baldoni, et al. (2016), evaluaron la variable fisiológica de pérdida de peso donde no encontraron diferencias estadísticamente significativas al observar que la pérdida de peso fue similar hasta el día 8 de almacenamiento y aumentó a partir del día 12 en las frutas tratadas con las cubiertas, de la misma manera con los resultados obtenidos en esta investigación, haciendo énfasis ambos en que probablemente la permeabilidad de los recubrimientos utilizados fue demasiado alta sobre la fruta fresca. Del mismo modo se concluye de manera igual que la calidad y vida de anaquel de los higos 'Black Mission' se mantuvo con la aplicación de los recubrimientos a base de formulaciones naturales.

Cruañes y Locaso (2011) trabajaron con quitosano como antimicrobiano biodegradable en postcosecha de arándanos (*Vaccinium myrtillus* L.) encontraron que el recubrimiento ensayado, formulado con quitosano, evidenció ser efectivo contra el deterioro microbiano y la retención de la acidez. Sin embargo, no mostró mejorar las características de firmeza y alteró el aspecto característico (Bloom) de la fruta, de la misma manera que se presentó en la aplicación del recubrimiento comestible y en la aplicación del proceso completo en el Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) a diferencia que sólo se utilizó cera de abeja sin el de quitosano.

CAPITULO 4. CONCLUSIONES

La vida útil de las frutas y hortalizas juegan un papel importante dentro de la industria alimentaria, la utilización de técnicas postcosecha aseguran el aumento de la misma, llevando de la mano el crecimiento económico de la industria agrícola; controlar los factores que causan daño durante este proceso de almacenamiento son los principales objetivos de estudio. Al trabajar en el aumento de la vida útil de los frutos de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) y en Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) se midieron variables de pérdida de peso, días de vida útil, firmeza, ° brix y acidez titulable.

Tanto el higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission) y en Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) tratados con las técnicas postcosecha por separado y en conjunto presentaron problemas y deterioros al igual que los tratamientos testigos, estos al ser expuestos a temperatura ambiente debido a que la temperatura juega un papel importante en el crecimiento de microorganismos al igual que en la pérdida de peso, transpiración y respiración de los frutos.

Los resultados obtenidos demuestran que el fruto de higo (*Ficus carica* L. var. Black Mission), al evaluar la pérdida de peso y vida útil con la aplicación del tratamiento de luz UV-C obtuvo un mayor rendimiento al ser expuesto a 60 cm de distancia durante un periodo de 10 min, al ser tratado con aire frío presenta un mayor rendimiento al recibir 0 °C de temperatura durante un periodo de 30 s, mientras que, al utilizar la formulación de 0.7 mL de cera de abeja + 2 mL de glicerol + 1.5 mL de aceite de aguacate + 1.5 mL de aceite de canela + 1 mL de lecitina de soya + 1 g de pectina y 2 g de grenetina. En conjunto como proceso se obtuvo un aumento en la vida útil de 24.88 días el testigo en refrigeración a 5 °C frente a 26.22 días con el proceso.

El Arándano (*Vaccinium corymbosum* var. Biloxi) obtuvo como resultado en la exposición del tratamiento de luz UV-C un mejor rendimiento al encontrarse a 60 cm de distancia durante un periodo de 20 min bajo el espectro de luz de 254 nm, del mismo modo al ser expuesto a -5 °C durante un periodo de 30 s como tratamiento de aire frío la respuesta se centró en un mayor rendimiento, de igual modo el mejor rendimiento se presentó al utilizar la formulación de 0.7 mL de cera de abeja + 2 mL de glicerol + 1.5 mL de aceite de aguacate + 1.5 mL de aceite de canela + 1 mL de lecitina de soya + 1 g de pectina y 2 g de grenetina. Al aplicar el proceso la vida útil obtuvo un rendimiento de 31.72 días en el testigo frente a 33.39 días con el proceso en refrigeración a 5° C.

CAPITULO 5. RECOMENDACIONES

- Almacenar los frutos a una temperatura de 5 °C lo cual presenta la refrigeración convencional o normal que encontramos en casa.
- La aplicación de tratamiento de luz UV ayuda a desinfectar la superficie de los frutos, pero se debe tener en cuenta que el nivel de exposición es de 254 nm dentro del el espectro C es únicamente para desinfección, además de cuidar que el tiempo no sea muy prolongado o superior a 30 min.
- El aplicar un pretratamiento térmico ayuda a la dormancia del fruto, pero se debe de almacenar de inmediato para no romper la cadena de frio ya que esto puede ocasionar daños en la estructura y bioquímica del mismo.
- Los recubrimientos comestibles o atmósferas modificadas juegan un papel importante en el almacén, transporte y vida útil de los frutos dentro de la industria alimentaria, se debe cuidar la permeabilidad de los mismos para que puedan cumplir su función y el fruto no transpire.

BIBLIOGRAFÍA

- Alba, R., Payton, P., Fei, Z., McQuinn, R., Debbie, P., Martin, G. B. y Giovannoni, J. J. 2005. Transcriptome and selected metabolite analyses reveal multiple points of ethylene control during tomato fruit development. *The Plant Cell*. 17(11):2954-2965.
- Alexander, L. y Grierson, D. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *J. Exp. Bot.* 53: 2039-2055
- Alfárez, F., M. A. y Zacarías, L. 2003. Post-harvest rind staining in Navel oranges is aggravated by changes in storage relative humidity: effect on respiration, ethylene production and water potential. *Post harvest Biol. Techn.* 28:143 – 152.
- Almenar, E., Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Lagarón, J.M., Catalá, R., y Gavara, R. 2007. Equilibrium modified atmosphere packaging of wild strawberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 1931–1939
- Anticona, M. L., Frígola, A. y Esteve M. J. 2015. Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados. *UCV - Scientia* 8(1).
- Artés, F. 1987. Refrigeración y comercialización hortofrutícolas en la Región de Murcia. II Edición. Ed. *CEBAS-CSIC*. 150 p.
- Artés, F. 2000. Conservación de los productos vegetales en atmósferas modificadas. En: Aplicación del frío en los alimentos. Editor. M.Lamúa. Ed. *Mundi Prensa*. Cap. 4.105-125.
- Ayhan, Z., y Kara, E 2011. Preservation of the ‘Bursa siyahı’ fresh fig under modified atmosphere packaging (MAP) and cold storage. *International Journal of Agricultural Science* 1: 1–9.
- Azeredo G. A., Montenegro-Stamford T. L., Campos-Nunes P., Gomez-Neto N. J., Gomez de Oliveira M. E. y Leite de Souza E. 2011. Combined application of essential oils from *Origanum vulgare L.*, and *Rosmarinus officinalis L.* to inhibit bacteria and autochthonous

- microflora associated with minimally processed vegetables. *Food Research International*. 44:1541-1548.
- Bao, F., Azhakanandam, S. y Franks, R. G. 2010. SEUSS and SEUSSLIKE transcriptional adaptors regulate floral and embryonic development in Arabidopsis. *Plant Physiol*. 152: 821-836.
- Bapat, V. A., Trivedi, P. K., Ghosh, A., Sane, V. A., Ganapathi, T. R. y Nath, P. 2010. Ripening of fleshy fruit: molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnol. Adv.* 28(1):94-107.
- Bartley, G. E. y Scolnik, P. A. 1995. Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. *The Plant Cell*. 7(7):1027-1038.
- Bautista-Baños S., Hernández-López M., Guillén-Sánchez D. y Alia-Tejacal I. 2006. Influencia del recubrimiento con quitosano y la temperatura de almacenamiento en la calidad postcosecha y niveles de infección en la ciruela mexicana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 7 (2): 114-121.
- Bazzano, L.A., He, J., Ogden, L.G., Loria, C.M., Vupputuri, S., Myers, L. y Whelton, P.K. 2002. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease in US adults: the first National Health and Nutrition Examination Survey Epidemiologic Follow-up Study. *Am. J. Clin. Nutr.* 76: 93-99.
- Beaudry, R. M. 1999. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. *Postharvest Biology and Technology* 15, 293–303.
- Beaudry, R. M., Moggia, C. E., Retamales, J. B. y Hancock, J.F., 1998. Quality of ‘Ivanhoe’ and ‘Bluecrop’ blueberry fruit transported by air and sea from Chile to North America. *HortScience*. 33, 313–317.
- Benbrook, C. 2005. The Impacts of Yield on Nutritional Quality: Lessons from Organic Farming. *HortScience*, 44 (1): 12-14.

- Bico S. L. S., Raposo M. F. J., Morais R. M. S. y Morais A. M. M. 2009. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control*. 20:508-514.
- Bouzayen, M., Latché, A., Nath, P. y Pech, J. C. 2010. Mechanism of fruit ripening. In: plant developmental biology-biotechnological perspectives. Pua, E. C. y Davey, M. R. (Eds.). *Springer-Verlag*. Berlin, Germany. Vol. 1. 319-339 pp.
- Bouzo, C., Travadelo, M., y Gariglio, N.F. 2012. The effect of different packaging materials on postharvest quality of fresh fig fruit. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 14: 821–825.
- Bravin, B., Peressini, D., y Sensidoni, A. 2006. Development and application polysaccharide-lipid edible coating to extend shelf-life of dry bakery products. *Journal of Food Engineering*. 76, 280-290.
- Bristow, P. R. y Milholland, R. D. 1995. Botrytis blight. En: Caruso, F.L., Ramsdell, D.C. (Ed.), *Compendium of Blueberry and Cranberry Diseases*. *American Phytopathological Society Press*, St. Paul, MN, pp. 8–9.
- Brouillard, R., Wigand, M. C., Dangles, O., y Chemicat, A. 1991. PH and solvent effects on the copigmentation reaction of malvin with polyphenols, purine and pyrimidine derivatives. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions*, 2: 1235–1241.
- Brummel D. A. y Harpster M. H. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Mol. Biol*. 47: 311–340.
- Cagri A., Ustunol Z. y Ryser E. 2004. Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection*. 67(4):833-848.
- Calderón-Gabaldón, M., Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., y Tapia, M. 2012. Efecto de la luz UV-C y ácido málico sobre poblaciones de *Rhodotorula glutinis* y vida útil de rebanadas de papaya Maradol. *Bioagro*. 24(2):103-114.

- Cappellini, R. A. y Ceponis, M. J. 1977. Vulnerability of stem-end scars of blueberry fruits to postharvest decays. *Phytopathology*. 67, 118–119.
- Cappellini, R. A., Ceponis, M. J. y Koslow, G. 1982. Nature and extent of losses in consumer-grade sample of blueberries in greater New York. *HortScience* 17(1):55-56.
- Cappellini, R. A., Stretch, A. W. y Maiello, J. M. 1972. Fungi associated with blueberries held at various storage times and temperatures. *Phytopathology*. 62, 68–69.
- Cara, B. y Giovannoni, J. J. 2008. Molecular biology of ethylene during tomato fruit development and maturation. *Plant Sci*. 175: 106-113
- Castillo S., Navarro D., Zapata P. J., Guillén F., Valero D., Serrano M. y Martínez-Romero D. 2010. Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its used as preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and Technology*. 57:183-188.
- Cocetta, G., Karppinen, K., Suokas, M., Hohtola, A., Häggman, H., Spinardi, A., Mignani, I. y Jaakola, L. 2012. Ascorbic acid metabolism during bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) fruit development. *J. Plant Physiology*. 169: 1059– 1065.
- Crisosto C.H., Ferguson L., Bremer V., Stover E., y Colelli G 2011. Fig (*Ficus carica* L.). En: E.M. Yahia (Ed.) Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Volume 3: Cocona to mango. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition: no. 208. *Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK*. Pp: 134-158.
- Crisosto, C. H., y Kader A. A. 2004. Fig. In the Commercial Storage of Fruits, Vegetables, Florist, and Nursery Stocks, (Ed.) Gross K, *ARS-USDA Handb.* pp 66.
- Cruaños, M. y Locaso, D. 2011. Quitosano: antimicrobiano biodegradable en postcosecha de arándanos (*Vaccinium myrtillus* L.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1),57-63.

- Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Guillén, F., Valverde, J. M., Valero, D. y Serrano, M. 2011. Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. 2. Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. *Postharvest Biology and Technology*. 61, 110-116.
- Dollahite, S., Bremer, V., Crisosto, G., Stover, E. y Ferguson L. 2007. Effects of delayed cooling on two fresh fig cultivars. pp 60.
- Dos Santos, R. S., Arge, L. W. P., Costa, S. I., Machado, N. D., de MelloFarias, P. C., Rombaldi, C. V. y de Oliveira, A. C. 2015. Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics*. 8(2):78-88.
- Doster, M. A. y Michailides, T. J. 2007. Fungal decay of first- crop and main-crop figs. *Plant Disease*. 91: 1657–1662.
- Eissa Hesham A. A. 2007. Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut mushroom. *Journal of Food Quality*. 30:623-645.
- Embuscado M. E. y Huber K. C. 2009. Edible films and coatings for food applications. Nueva York. *Editorial Springer Science Y Business Media*, 1890 p.
- Engelfriet, P., Hoekstra, J., Hoogenveen, R., van Rossum, C., Buchner, F. y Verschuren, M. 2010. Food and vessels: the importance of a healthy diet to prevent cardiovascular disease. *Eur. J. Prev. Cardiol*. 17: 50-55.
- Falguera V., Quintero. P., Jiménez A., Muñoz J. A. y Ibarz A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active function and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*. 22:292-303.
- Famá L., Rojas A. M., Goyanes S., Gerschenson L. 2004. Comportamiento mecánico dinámico de películas comestibles a bajas temperaturas, influencia del contenido de sorbato y grado de acidez. *Congreso CONAMET/SAM 2004*. [Enlínea] <http://www.materialessam.org.ar/sitio/biblioteca/laserena/30.pdf> Consultado en octubre 2019.

- FAO. 2017. FAO y una plataforma digital contra el desperdicio de alimentos. En: *Agronoticias FAO*
- Fonseca, M. J. y Rushing, J. W. 2006. Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology*. 40(3):256–261.
- Galán, S. V. 1999. Enfermedades, plagas y desórdenes no patogénicos del mango. El cultivo del mango. De. *Mundi Prensa*. p. 224 -263.
- Gardner D. W. M. y Shama G. 2000. Modeling UV- induced inactivation of microorganisms on surfaces. *Journal of Food Protection*. 63(1): 63- 70.
- Gimeno Creus, E. 2004. Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. *Farmacia y Salud, Oficina de Farmacia*, 23: 80-84.
- Giovanelli, G. y Buratti, S. 2009. Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. *Food Chem*. 112, 903-908.
- Giovannoni, J. J. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. *The plant cell*. 16(1): S170-S180.
- González-Gómez, D., Lozano, M., Fernández-Léon, M. F., Bernalte, M. J., Ayuso, M. C. y Rodríguez, A. B. 2010. Sweet cherry phytochemicals: Identification and characterization by HPLC-DAD/ESIMS in six sweet cherry cultivars grown in Valle del Jerte (Spain). *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 533- 539.
- Guerra, F. 1996. Tecnología postcosecha de frutos cítricos. Curso integral de citricultura. *Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical*. p:242-257.
- Guerrero-Beltrán, J. A. y Barbosa-Cánovas, G.V. 2004. Advantages and limitations on processing foods by UV-C light. *Food Science and Technology International*. 10(3): 137-147.

- Hakkinen, S.H., Karenlampi, S.O., Heinonen, I.M., Mykkanen, H.M. y Torronen, A.R. 1999. Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edibleberries. *J. Agric. Food Chem.* 47: 2274–2279.
- Hancock, J.; Callow, P.; Sercxe, S.; Hanson, E. y Beaudry, R. 2008. Effect of cultivar, controlled atmosphere storage, and fruit ripeness on the long-term storage of highbush blueberries. *HortTechnology*. 18: 199-205.
- He, J. y Giusti, M. M. 2010. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual review of food science and technology*. 1: 163-187.
- Hough, G. y Wittig, E. 2005. Introducción al análisis sensorial, en: Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos. *Programa CYTED*. Madrid, 13-16.
- Jackson, E. D., Sanford, K. A., Laurence, R. A., McRae K. B. y Stark, R. 1999. Lowbush blueberry quality changes in response to prepaking delays and holding temperatures. *Postharv. Biol. Technol.* 15:117-126.
- Jian, L., Qian, Z., Yang, C., Jiaqi, Y., Jiankang, C., Yumei, Z. y Weibo, J. 2010. Use of UV-C Treatment to inhibit the microbial growth and maintain the quality of Yali pear. *Journal of Food Science*. 75(7): M503-M507.
- Jiménez- Cuesta, M., Martínez- Jávega, J. M. y Cuquerella, J. 1983. Plastic individual sear-packaging of Spanish fruit. XV. International Congress of Refrigeration. *Commission C. 2*. 460-466.
- Kader, A. A. 2003. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears. *Acta Horticulturae*. 600:737-740.
- Kalt, W., Howell, A., Duy, J.C., Forney, C.F. y Mcdonald, J.E. 2001. Horticultural factors affecting capacity of blueberries and other small fruit. *HortTechnol*. 114: 523-528.
- Kaur, C. y Kapoor, H. C. 2001. “Antioxidants in fruits and vegetables-The millennium's health”. *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 36, nº. 7, pp. 703–725.

- Kitinoja, L., Saran, S., Roy, S. K. y Kader, A. A. 2011. Postharvest technology for developing countries: challenges and opportunities in research, outreach and advocacy. *J. Sci. Food Agric.* 91: 597-603.
- Klein, P. y Kurilich, A. C. 2000. "Processing Effects on Dietary Antioxidants from Plant Foods". *HortScience*, vol. 35, n°4, p.580.
- Kong, M., Lampinen, B., Shackel, K., y Crisosto, C.H. 2013. Fruit skin side cracking and ostiole-end splitting shorten postharvest life in fresh figs (*Ficus carica* L.), but are reduced by deficit irrigation. *Postharvest Biology and Technology.* 85, 154–161.
- Kumar, R., Khurana, A. y Sharma, A. K. 2014. Role of plant hormones and their interplay in development and ripening of fleshy fruits. *J. Exp. Bot.* 65: 4561-4575.
- Kushman, L. y W. Ballinger. 1968. Acid and sugar changes during reaping in Wolcott Blueberries. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science* 2:290-295.
- Lobos, W. 1988. El Arándano en Chile. En: Seminario El cultivo del arándano. INIA Carillanca. Temuco, Chile. Pp 191-202.
- Lucera A., Costa C., Mastromatteo M., Conte A. y Del Nobile M. A. 2011. Influence of different packaging systems on fresh-cut zucchini (*Curcubita pepo*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 11: 361-368.
- Mahdavian, K., Ghorbanli, M. y Kalantari, M. 2008. The effects of ultraviolet radiation on the contents of chlorophyll, flavonoid, anthocyanin and proline in *Capsicum annuum* L. *Turkish Journal of Botany* 32:25-33.
- Mahdi-Ojagh S., Rezaei M., Hadi-Razavi S. y Hashem-Hasseini S. M. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry.* 120:193-198.
- Majeti N. V. y Kumar R. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers* 46:1-27.

- Manach, C. y Donovan, J.L. 2004. Pharmacokinetics and metabolism of dietary flavonoids in humans. *Free Radic Res*, 38(8):771-85.
- Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A, y Rémésy, C. 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am J Clin Nutr*, 81:230S-242S.
- Manning, K., Tor, M., Poole, M., Hong, Y., Thompson, A. J., King, G. J., Giovannoni, J. J. y Seymour, G. B. 2006. A naturally occurring epigenetic mutation in a gene encoding an SBPbox transcription factor inhibits tomato fruit ripening. *Nature Genetics*. 38(8):948-952.
- Manzoco, L., Da-Pieve, S., Bertolini, A., Bartolomeoli, I., Maifreni, M., Vianello, A. y Nicoli, M. 2011. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, color and sensory properties. *Postharvest Biology and Technology*. 61(2-3):165– 171.
- Martínez- Jávega J.M., Cuquerella, J., Del Río, M.A. y Navarro, P. 1997. Estudios de tratamientos cuarentenarios mediante bajas temperaturas en frutos cítricos. (Ed.) C. Saucedo y R. Báez. *CYTED. Proyecto XI*. La Habana (Cuba). 10, p:15-23.
- Martínez- Jávega, J.M. 1995. Tendencias actuales en la conservación refrigeradas de frutas como marcadores de la calidad higiénicas de los frutos. *Microbiología SEN 11* (1995): 111-114.
- Martínez-Romero D., Alburqueque N., Valverde J. M., Guillén F., Castillo S., Valero D. y Serrano M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*. 39:93-100.
- Michailides, T. J. 2003. ‘Diseases of tropical fruits crops. Ploetz, R.C. (Ed.), Wallingford, UK, CABI. 527 p. ISBN 0851999751, 9780851999753
- Miller, W. R. y McDonald, R. E. 1993. Quality of two Florida blueberry cultivars after packaging and storage. *HortScience*. 28, 144–147.

- Miller, W. R. y Smittle, D. A. 1987. Storage quality of hand-harvested and machine-harvested rabbiteye blueberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:487-490.
- Miller, W. R.; McDonald, R. E.; Melvin, C. F. y Munroe, K. A. 1984. Effect of package type and storage-time temperature on weight loss, firmness and spoilage of rabbiteye blueberries. *HortScience* 19:638-640.
- NeSmith, D. S., Prussia, S. E., Tetteh, M. y Krewer, G. 2002. Firmness losses of rabbiteye blueberries (*Vaccinium ashei* Reade) during harvesting and handling. *Acta Hort.* 574:287-293.
- Nishiyama, K., Guis, M., Rose, J. K., Kubo, Y., Bennett, K. A., Wangjin, L., Kato, K., Koichiro, U., Nakano, R., Inaba, A., Bouzayen, M., Latché, A., Pech, J. C. y Bennett, A. B. 2007. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melon. *J. Exp. Bot.* 58(6):1281-1290.
- Núñez, A., Sánchez, E., Ruiz, J. y NeSmith, D. S. 2008. Calidad de poscosecha en cultivares de arándano (*Vaccinium* sp.) sometidos a períodos de prealmacenamiento y temperaturas. *Agricultura Técnica en México.* 34(4):453-457.
- Núñez-Barrios, A., Sánchez-Chávez, E., Ruiz-Vega, J y NeSmith, D. 2008. Calidad de poscosecha en cultivares de arándano (*Vaccinium* sp.) sometidos a períodos de prealmacenamiento y temperaturas. *Agricultura Técnica de México.* 34(4), 453-457.
- O'Neill, S. D. 1997. Pollination regulation of flower development. *Ann. Rev. Plant Phys.* 48: 547-574
- Omboki, R. B., Wu, W., Xie, X. y Mamadou, G. 2015. Ripening genetics of the tomato fruit. *Inter. J. Agric. Crop Sci.*8(4):567- 572
- Ortoneda, M., O'keeffe, S., Cullen, J., Shamma, A. y Phipps, D. 2008. Experimental investigations of microwave plasma UV lamp for food applications. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy.* 42(4):14-23.

- Paniagua, A. C., East, A. R., Hindmarsh, J. P. y Heyes, J. A. 2013. Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biol. Technol.* 79, 13–19.
- Parikh, H.R., Nair G.M. y Modi, V.V. 1990. Some Structural Changes during Ripening of Mangoes. *Abscisic Acid Treatment. Annals of Botany.* 65:121-127.
- Parry, R.T. 1995. Envasado de los alimentos en atmósferas modificada. Madrid, España; *Madrid Vicente Ediciones.* p 15-150.
- Pech, J. C., Purgatto, E., Girardi, C. L.; Rombaldi, C. V. y Latché, A. 2013. Current challenges in postharvest biology of fruit ripening. *Current Agric. Sci. Technol.* 19(1-18).
- Pegoraro, C., Zanuzo, M. R., Chaves, F. C.; Brackmann, A., Girardi, C. L.; Lucchetta, L.; Nora, L.; Silva, J. A. and Rombaldi, C. V. 2010. Physiological and molecular changes associated with prevention of woolliness in peach following pre- harvest application of gibberellic acid. *Postharvest Biol. Technol.* 57(1):19-26
- Perdomo-Molina A. 2007. “Sobre paseros, pasiles, secaderos, tendales, tinglados y hornos: la cultura material de los higos pasados en Canarias”. *Rincones del Atlántico.* N° 4. ISSN 1698-8957.
- Perkins-Veazie, P., Collins, J. K. y Howard, L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology.* 47(2):280–285.
- Piñero, Z. 2005. Desarrollo de nuevos métodos de extracción para el análisis de compuestos de interés enológico. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz.
- Ponce de León, L. y M.E, Bózquez. 1997. Técnicas de almacenamientos. Manejo postcosecha del mango. Ed. *EMEX.* A. C. p. 22 -24.
- Proctor, M. 1996. The Natural History of Pollination. *Timber Press,* Portland, OR. ISBN 0-88192-352-4

- Romero-Bastida C. A., Martin-Polo M. O., Velázquez G. y Torres J. A. 2004. Effect of plasticizer, pH and hydration on the mechanical and barrier properties of zein and ethylcellulose films. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 4 (4):251-256.
- Sanford, K. A., Lidster, P. D., McRae, K. B., Jackson, E. D., Lawrence, R. A., Stark, R. y Prange, R. K. 1991. Lowbush blueberry quality changes in response to mechanical damage and storage temperature. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116, 47–51.
- Saucedo, C. y L. Arévalo. 1997. Fisiología y tecnología post-cosecha de mango. *Memorias I Taller regional de manejo de productos de interés para el trópico*. San José de Costa Rica. p. 1-10.
- Schenk, M. y Guerrero, S. 2008. Response of some microorganisms to ultraviolet treatment on fresh-cut pear. *Food Bioprocess Technology*. (1): 384– 392.
- Schotsmans, W., Molan, A. y MacKay, B. 2007. Controlled atmosphere storage of rabbiteye blueberries enhances postharvest quality aspects. *Postharvest Biol. Technol.* 44, 277–285.
- Serrano M., Valverde J. M., Guillén F., Castillo S., Martínez-Romero D. y Valero D. 2006. Use of *Aloe vera* gel coating preserves the functional properties of table grapes. *J. Agric. Food Chem.* 54: 3882-3886.
- Seymour, G. B., Ostergaard, L., Chapman, N. H., Knapp, S. y Martin, C. 2013. Fruit development and ripening. *Ann. Rev. Plant Biol.* 64: 219-241.
- Stevens, C., Khan V. A., Wilson, C. L., Lu, J. Y., Chalutz, E., E. y Droby, S. 2005. The effect of fruit orientation of postharvest commodities following low dose ultraviolet light-C treatment on host induced resistance to decay. *Crop Protection*. 24(8):756–759.
- Stevens, C., Khan, V. A., Lu, J. Y., Wilson, C. L., Puseyc, P. L., Kabwea, M. K. Igwegbea, E. C. K., Chalutz, E. y Droby S. 1998. The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. *Crop Protection*. 17(1): 75–84.

- Stover, E., Aradhya, M., y Crisosto, C. 2007. The fig: overview of an ancient fruit. *HortScience*. 42, 1083-1087.
- Terán-Guerrero, A., Túqueres-Ushca, A., Andrade-Cuvi, M., Moreno-Guerrero, C. y Concellón, A. 2016. Efecto del uso combinado de radiación uv-c y atmósfera modificada sobre el tiempo de vida útil de mora de castilla (*Rubus glaucus*) sin espinas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(1),71-78.
- Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I., Paedar Cremin, A. L., Waterhouse, B., Hess-Pierce, L. y Kader. A. 2001. “HPLC-DAD-ESIMS Analysis of Phenolic Compounds in Nectarines, Peaches, and Plums”. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, vol.49, pp.4748-4760.
- Tuset, J.J. 1987. Podedumbres de los frutos cítricos. *Generalitat Valenciano, Chancillería de Agricultura y Pesca*. Valencia, 1 Tomo, 206p.
- U.S. Food and Drug Administration. 2000. Irradiation in the Production, Processing and Handling of Food, 21 CFR Part 179. Federal Registration. 65:71056–71058.
- Vainio, H. y Weiderpass, E. 2006. Fruit and vegetables in cancer prevention. *Nutr.Cancer*. 54: 111-142.
- Valero, D. y Serrano, M. 2010. Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality. *CRC Press*, Boca Raton, FL. 287 p. ISBN 143980267X, 9781439802670
- Valverde J. M., Valero D., Martínez-Romero D., Guillén F., Castillo S. y Serrano M. 2005. Novel edible coating based on *Aloe vera* gel to maintain table grapes quality and safety. *J. Agric. Food Chem.* 53:7807- 7813.
- Veberic. R., Colaric. M. y Stampar. F. 2008. Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Food Chemistry* 106: 153–157.
- Ventura-Aguilar, R., Correa-Pacheco, Z., Baldoni, D., Barrera-Necha, L., Corona- Rangel, M., Hernández-López, M. y Bautista-Baños, S. 2016. Calidad postcosecha de higos ‘black

- mission' tratados con cubiertas naturales. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(2),267-275.
- Wang, A., Xu, Q., Sun, Y., y Li, H. 2013. Antioxidant activity of high molecular weight chitosan and N, O-quaternized chitosans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61(28), 6921–692.
- Watada, A. E., Hener, R. C., Kader, A. A., Romani, R. J. y Staby, G. L. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. *HortSci*. 19(1):20-21.
- Willis R. B. H., MacGlasson W. B., Graham D., Lee T.H. y Hall E. G. 1989. Postharvest. An introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. U.S.A. 174 p.
- Yaun, B. R., Sumner, S. S., Eifert, J. D. y Marcy, J. E. 2004. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *Journal of Food Microbiology*. 90(1): 1-8.
- Yirat, M., García, A., Hernández, A., Calderón, A., y Camacho, N. 2009. Evaluación de la calidad de la guayaba, variedad enana roja EEA-1-23, durante el almacenamiento a temperatura ambiente. *Rev. Cien. Téc. Agrop.* 18(2):70 - 73.
- Zhong, S., Fei, Z., Chen, Y. R., Zheng, Y., Huang, M., Vrebalov, J., Mcquinn, R., Gapper, N., Liu, B., Xiang, J. S. y Giovannoni, J. J. 2013. Single-base resolution methylomes of tomato fruit development reveal epigenome modifications associated with ripening. *Nature Biotechnol.* 31(2):154-159.
- Zwietering M. H. 2002. Quantification of microbial quality and safety in minimally processed foods. *International Dairy Journal*. 12:263-271.

ANEXOS



FERIA INTERNACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



FERIA INTERNACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Valledupar, Colombia

ACREDITACIÓN

La Feria Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación "FEICTIN". Destaca el desempeño y alto puntaje obtenido por el proyecto titulado: **PAVUF: Proceso Para Aumentar La Vida Útil De Los Frutos Mediante La Utilización Estratégica De Tres Técnicas Postcosecha**, otorgándole **acreditación** para participar en el **FERIA INTERNACIONAL COPA TECNOCiencias PARAGUAY** a realizarse en el mes de **noviembre del 2022** en Paraguay.

La presente Carta de Acreditación se otorga para fines consiguientes en Valledupar, a los 20 días del mes de septiembre 2021.

Con sentimientos de gratitud y aprecio.

Jaime Luis Meza Sánchez

Coordinador de la feria FEICTIN
Colegio Santa Fe

José Antonio Larrazábal

Gerente



EL COLEGIO SANTA FE

CERTIFICA QUE:

JOSÉ GONZALO GARCÍA GUTIÉRREZ

PARTICIPÓ COMO: PONENTE

en la Feria Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021

Valledupar, Cesar, Colombia 15 de septiembre 2021

LIC. JAIME LUIS MEZA SÁNCHEZ
COORDINADOR DE FEICTIN

DR. JOSÉ ANTONIO LARRAZÁBAL PARODI
GERENTE



TEKOMBO'E HA TEMBIKUAA
Motenondéha
Ministerio de
EDUCACIÓN y CIENCIAS

TETĀ REKUÁI
GOBIERNO NACIONAL

Paraguay
de la gente



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE
ASUNCIÓN



RED DE COMPETENCIAS
CIENTÍFICA E INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA - PARAGUAY

La Red de Competencias Científicas e Innovación Tecnológica - Paraguay



Otorga el Presente

Certificado



A: JOSÉ GONZALO GARCÍA GUTIERREZ

Por su participación en carácter de **EXPOSITOR**
En la **Feria Internacional Copa Tecnociencias Paraguay 2020**, modalidad
virtual – online.

Realizado del 16 al 21 de Diciembre del 2020, en la ciudad de Asunción
de la República del Paraguay.



Licenciado Rolando Sanabria
Representante Legal - Presidente
Red CoCITec - PARAGUAY
Asunción, Paraguay



Licenciada Elisa Sanabria Coronel
Directora General
COPA TECNOCiencias PARAGUAY
Asunción, Paraguay



TEKOMBO'E HA TEMBIKUAA
Mbovendaicha
Ministerio de
EDUCACIÓN y CIENCIAS

TETÁ REKUÁI
GOBIERNO NACIONAL

Paraguay
de la gente



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE
ASUNCIÓN



RED DE COMPETENCIAS
CIENTÍFICA E INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA - PARAGUAY

FERIA INTERNACIONAL COPA TECNOCiencias PARAGUAY

Modalidad Virtual - Online

2020 Año Internacional de la Sanidad Vegetal



CERTIFICADO

OTORGADO AL PROYECTO

PAVUF



COPA
TECNOCiencias
PARAGUAY

Área del Conocimiento: TECNOLOGIA E INGENIERIA

Nivel Educativo: INVESTIGADORES- PROYECTISTAS UNIVERSITARIOS DE 19 A 25 AÑOS

Se confiere la acreditación para participar en la Feria Internacional de Ciencia Tecnología e Innovación FEICTIN - 2021 ORGANIZADA POR EL COLEGIO SANTA FÉ, a realizarse en la ciudad de Valledupar-Cesar, Colombia.



Profesor Licenciado Rolando Sanabria
Representante Legal - Presidente
Red CoCITec - PARAGUAY
Asunción, Paraguay



Licenciada Elisa Sanabria Coronel
Directora General
COPA TECNOCiencias PARAGUAY
Asunción, Paraguay





TEKOMBO' E HA TEMBIKUAA
Motenondéha
Ministerio de
EDUCACIÓN y CIENCIAS

TETÁ REKUÁI
GOBIERNO NACIONAL

Paraguay
de la gente



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE
ASUNCIÓN



RED DE COMPETENCIAS
CIENTÍFICA E INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA - PARAGUAY

FERIA INTERNACIONAL COPA TECNOCiencias PARAGUAY

Modalidad Virtual - Online

2020 Año Internacional de la Sanidad Vegetal

CERTIFICADO

OTORGADO AL PROYECTO

PAVUF



Área del Conocimiento: TECNOLOGÍA

Nivel Educativo: JÓVENES DE 19 A 25 AÑOS INVESTIGADORES - PROYECTISTAS, UNIVERSITARIOS

Se confiere la acreditación para participar en la Feria Internacional de Ciencia Tecnología e Innovación FEICTIN - 2021 ORGANIZADA POR EL COLEGIO SANTA FÉ, a realizarse en la ciudad de Valledupar-Cesar, Colombia.



Profesor Licenciado Rolando Sanabria
Representante Legal - Presidente
Red CoCITec - PARAGUAY
Asunción, Paraguay



Licenciada Elisa Sanabria Coronel
Directora General
COPA TECNOCiencias PARAGUAY
Asunción, Paraguay





Saber Más: Revista de Divulgación
Año 11
Revista con Arbitraje y Comité Editorial
Registro ISSN: 2007-7041

Morelia, Michoacán a 17 de enero de 2022

A QUIEN CORRESPONDA

Por este medio se extiende la **CONSTANCIA DE PUBLICACIÓN** del **ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA** titulado:

“Al partir un aguacate en dos ¿se oxida?”

Siendo autores **José Gonzalo García Gutiérrez y Yolanda Ruíz Suárez**, a quienes se les conservan y respetan sus derechos intelectuales de autor, y son responsables del contenido del artículo publicado en el **Número 60 (Año 10:14-17)** de la revista de divulgación **SABER MÁS**, con fecha de publicación del **31 de diciembre de 2021** (Registro ISSN: 20077041).

La Revista de divulgación Saber Más de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo se distribuye en forma electrónica en diversos formatos digitales, en una periodicidad bimestral y no tiene fines de lucro.

Se extiende la presente **CONSTANCIA** para los fines legales que convengan a los autores correspondientes.


Dr. Horacio Cano Camacho
Editor

REVISTA DE DIVULGACIÓN Saber Más, ES UNA REVISTA SIN FINES DE LUCRO. LAS EXPRESIONES SON RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES. **COMITÉ EDITORIAL**: DR. RAFAEL SALGADO GARCIGLIA (DIRECTOR), DR. HORACIO CANO CAMACHO (EDITOR), DR. MARCO ANTONIO LANDAVAZO ARIAS, DR. CEDERIK LEÓN DE LEÓN ACUÑA, DRA. EK DEL VAL DE GORTARI, M.C. ANA CLAUDIA NEPOTE GONZÁLEZ, DR. LUIS MANUEL VILLASEÑOR CENDEJAS Y DR. JUAN CARLOS ARTEAGA VELÁZQUEZ.

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Edificio C2 ° Ciudad Universitaria ° C.P. 58030 ° Morelia, Michoacán ° www.sabermas.umich.mx
sabermasumich@gmail.com ° Tel. (443) 322 3500

ARTÍCULO

Al partir un aguacate en dos ¿se oxida?

José Gonzalo García Gutiérrez y Yolanda Ruíz Suárez



José Gonzalo García Gutiérrez. Estudiante del Programa de Maestría en Agrobiotecnología del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, Los Reyes, Michoacán.
jose_17garcia@outlook.com

Yolanda Ruíz Suárez. Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, Los Reyes, Michoacán.
ing_yruiz@hotmail.com

Es común observar que cuando partimos un fruto de aguacate, este toma un color oscuro después de algunos minutos, y sí, quizás lo primero que se nos ocurre pensar es que «se oxida», pero ¿Realmente es así? Y lo más interesante, ¿sabes cómo evitarlo? Sigue leyendo para que te enteres de lo que verdaderamente ocurre.

Este fenómeno no es exclusivo de los frutos de aguacate, ya que también lo podemos observar en los plátanos, peras, duraznos y manzanas, entre los más comunes, así como en algunas verduras como papas o patatas. Sin embargo, hay otros frutos en los que no sucede, como es el caso de los cítricos (limones y naranjas, principalmente).

¿Por qué ocurre ese cambio en la coloración de los frutos?

Al partir un fruto de aguacate en dos, cuando se golpea, o bien, está muy maduro, vemos ese cambio de color, de verde a café oscuro, debido principalmente a que las células expuestas al daño se rompen y pierden su contenido celular. En este se encuentran restos de membranas y las biomoléculas que la componen, pero nos enfocaremos a ciertas enzimas que son las protagonistas de hoy: **las polifenoloxidasas.**

Pero, primero te explicamos de forma sencilla **qué es una enzima.** Una enzima es una **molécula proteica que tiene la función de hacer que las reacciones bioquímicas sean más rápidas**, es decir, actúan como catalizadores (aceleradores) de dichas reacciones. Así, cada enzima actúa (actividad enzimática) sobre un determinado compuesto (sustrato) para dar como resultado otro compuesto (producto).

Ahora bien, cuando partimos un fruto de aguacate, dañamos o matamos sus células y las polifenoloxidasas que estaban encerradas en un orgá-

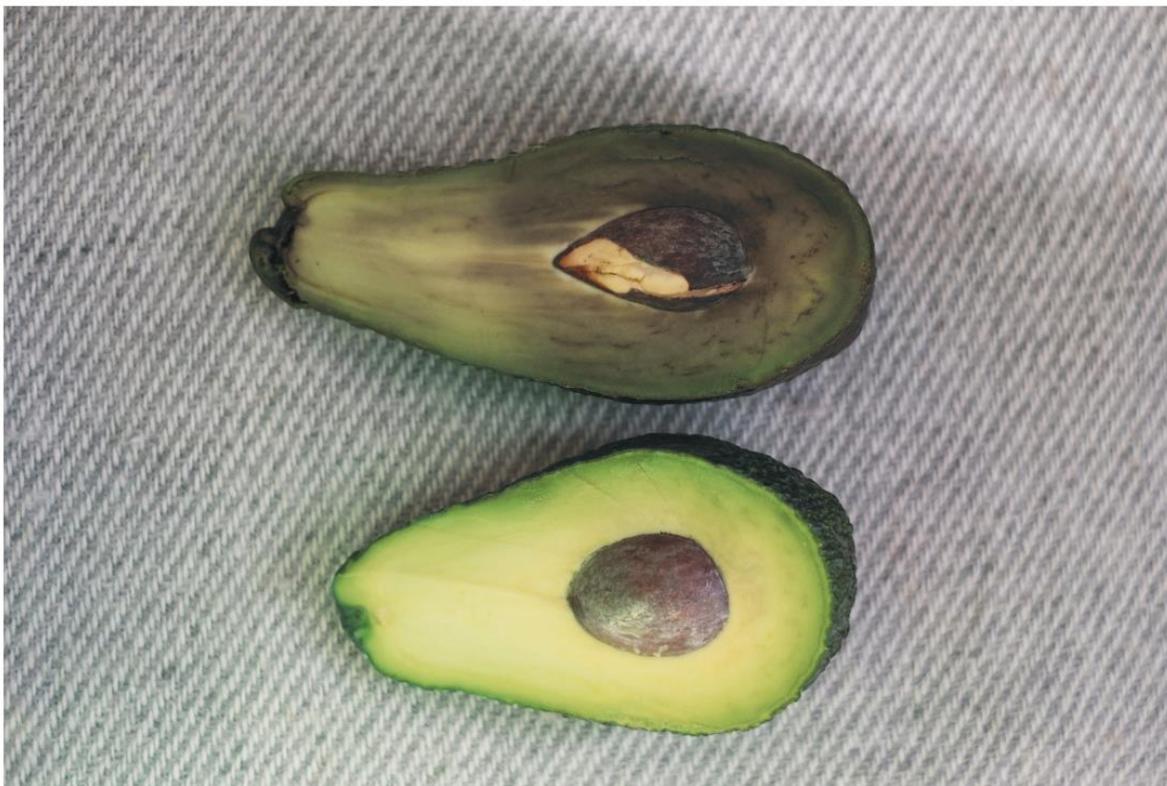
nulo celular —concretamente en los cloroplastos—, entran en acción interaccionando con su sustrato que estaba encerrado en otra estructura celular como las vacuolas. Con esto se responde a una de las preguntas, el cambio de color ocurre por un proceso de oxidación.

El daño es lo que causa la oxidación

La ruptura celular desencadena el comienzo del proceso: las **polifenoloxidasas provocan la oxidación** de unos compuestos incoloros llamados **polifenoles**, que son el sustrato de estas enzimas, para transformarlos en otros llamados **quinonas** que también son incoloras, pero estas pueden reaccionar con otras sustancias para dar lugar a compuestos coloreados.

Finalmente, las quinonas se reagrupan, sufren otra oxidación y se transforman en un compuesto de color pardo llamado **melanina**, que es el responsable de ese color oscuro del aguacate partido, entre otros pigmentos. En plantas, este pigmento pertenece al grupo de las alomelaninas o melaninas DHN. Por cierto, la melanina es el pig-





mento responsable de que nuestra piel se ponga morena al exponernos a la luz del sol.

Un cambio de color poco agradable

Este proceso de oscurecimiento en ciertos frutos como en el de aguacate, recibe el nombre de **pardeamiento enzimático** porque intervienen las polifenoloxidasas que provocan un color pardo en el alimento. Como puedes imaginar, el hecho de que algunos alimentos adquieran este color, supone un inconveniente para la industria alimentaria, ya que a nadie le gusta comprar fruta con ese aspecto; además, el valor nutricional del producto disminuye ligeramente. Por estos motivos, se emplean métodos para evitar que el proceso tenga lugar en ciertos frutos o en sus productos, como en aquellos que se comercializan listos para comerse o cocinarse.

¿Cómo evitar este oscurecimiento?

Existen varios métodos para impedir que se lleve a cabo la oxidación de frutas y verduras después de cortarlas. Algunos de ellos los podemos poner en práctica en casa, de hecho, mucha gente ya lo hace sin saber muy bien por qué.

Ya mencionamos que en el proceso intervienen las polifenoloxidasas, que actúan sobre un sustrato, provocando su oxidación, así que podemos interferir el proceso de estos tres factores o sobre alguno de ellos para evitar que ocurra el oscurecimiento. A continuación, describimos algunos de los métodos comunes para evitar el pardeamiento de los frutos:

Tratamiento térmico

Consiste en calentar el alimento para inactivar el conjunto de enzimas polifenoloxidasas e impedir que actúen. De hecho, no solo inactivamos estas enzimas, sino todas las enzimas presentes en el alimento. Esta es la principal razón por la cual se escaldan o blanquean algunos frutos y verduras antes de proceder a su conservación, sumergiéndolos durante unos segundos en agua hirviendo.

Adición de ácidos

Si utilizamos un ácido después de partir un fruto como el aguacate, el pH desciende y provoca que las polifenoloxidasas no actúen. Este cambio de pH también causa la transformación de los sustratos por lo que se evita el pardeamiento. Ahora

entendemos claramente porqué la necesidad de poner zumo de limón sobre un rico aguacate partido en dos, este retarda el oscurecimiento debido a que el ácido cítrico y ácido ascórbico son responsables de bajar el pH e impiden que las polifenoloxidasas actúen.

Eliminación del oxígeno

Para impedir la oxidación del sustrato por parte de la enzima, podemos eliminar el oxígeno, o al menos parte de él. Esto también lo hacemos cotidianamente en nuestra cocina, cuando sumergimos en agua algunas frutas partidas como manzanas, o bien patatas una vez peladas y troceadas. Con ello se impide un alto contacto del oxígeno atmosférico con los alimentos cortados. Si no lo hacemos, ocurriría el pardeamiento ya mencionado. A nivel industrial, este procedimiento se realiza con el enva-



sado al vacío o en atmósferas que protegen de la oxidación.

Adición de sal

La adición de sal de mesa (cloruro de sodio) —en una concentración determinada— también inhibe o retrasa el pardeamiento enzimático. Este método generalmente se usa en algunas verduras como las patatas, pero como puedes imaginar, en los frutos tendríamos un problema en el sabor.

Después de enumerar estos métodos, también aprendimos por qué muchos de los cítricos no se oscurecen, una de ellas ya la hemos mencionado: el contenido de ácido cítrico y ácido ascórbico mantienen un pH bajo y además poseen actividad antioxidante, evitando la actividad de las polifenoloxidasas y la reacción ante el oxígeno.

Debes tener en cuenta que el pardeamiento enzimático, tan indeseable en algunos frutos como los que hemos visto hasta ahora, es deseable que ocurra en otros, por ejemplo, en el cacao, té, dátiles o pasas, ya que de este modo es que adquieren su color característico, incluso hasta su sabor.



Arteaga-Miñano H.L. y Hawmann-Díaz D.J. (2014). «Efecto del tiempo de tratamiento con ultrasonido y concentración de ácido cítrico y sal (NaCl) sobre la actividad de la polifenoloxidasas en Pulpa de Palta (*Persea americana* Mill. var. Hass)». *Tecnología y Desarrollo*, 12(1), 51-58. <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/RTD/article/view/691/537>

Mendoza-Gómez V., Calderón-Santoyo M., Bautista-Rosales P.U., Ortiz-Basurto R.I., Jimenez-Sánchez D.E. y Ragazzo-Sánchez J.A. (2017). «Agentes anti-par-

deamiento añadidos en un recubrimiento de polímeros para rebanadas de aguacate». *Interciencia*, 42(12), 812-817. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/12/812-RAGAZZO-42-12.pdf>

Hernández M. y Briseño B. (2009). «Evaluación del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento en congelación del puré de palta (*Persea americana* Mill.) Cv. Hass». *Anales Científicos UNALM*, (70)4, 24-25. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/537/527>



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

OTORGA LA PRESENTE

CARTA DE ACEPTACIÓN

A

“José Gonzalo García Gutiérrez, Yolanda Ruíz Suárez, Martha Elena Arroyo Valdéz, Raúl Alvizar Manzo and Yolanda Martínez Andrade”

Por este conducto les notificamos que su trabajo **"Strategic use of three postharvest techniques to increase the useful life of figs (Ficus carica L. Var. Black Mission)"** ha sido aceptado por el comité organizador para participar "de forma presencial" en la ciudad de Durango México, durante el congreso **INNOVATECNM 2022**.

Por lo anterior, le solicitamos realicen el depósito de inscripción de \$1,500 pesos con los siguientes datos:
Nombre del Banco: Banorte; Cuenta: 1183601392; Cuenta Clabe: 072 190 01183601392 3
A nombre de: TecNM Instituto Tecnológico de Durango; REC: TNM140723GFA

La fecha límite para mandar su comprobante de pago y asegurar su participación, es el 30 de septiembre.
Enviar comprobante de pago al correo: depfinancieros@itdurango.edu.mx; con atención a: CP. Alberto Ayala Partida; Asunto: **Pago del Congreso INNOVATECNM_8371**

Para solicitar FACTURACIÓN: Proporcionar los datos de facturación y el correo al que se enviará la factura al correo: depfinancieros@itdurango.edu.mx

Le recordamos que el depósito es por asistente, garantizando el acceso a las sesiones orales y el reconocimiento de participación como autor presentador; explícitamente el resto de los autores serán mencionados en el reconocimiento como **COAUTORES DEL TRABAJO**.

Es importante señalar que todos los trabajos podrán ser publicados en la **Revista AvaCient**, editada por el Tecnológico Nacional de México, siempre y cuando sean aprobados por el comité de arbitraje.

CIUDAD DE MÉXICO, A 16 DE SEPTIEMBRE 2022.

Dr. HECTOR JAVIER VERGARA HERNÁNDEZ
COORDINADOR GENERAL DEL COMITÉ ORGANIZADOR DEL CONGRESO INTERNACIONAL
DE INVESTIGACIÓN Y CONFORMACIÓN DE REDES DE INVESTIGACIÓN INNOVATEC 2022.



CONGRESO INTERNACIONAL
DE INVESTIGACIÓN Y CONFORMACIÓN
DE REDES DE INVESTIGACIÓN DEL TecNM



Certificado de acuse de
recibo registro:
MX/2019/076859

DIRECCIÓN DIVISIONAL DE PATENTES
SUBDIRECCIÓN DIVISIONAL DE PROCESAMIENTO ADMINISTRATIVO DE
PATENTES
COORDINACION DEPARTAMENTAL DE EXAMEN DE FORMA
Expediente de Patente MX/2019/018418

Asunto: Se informa resultado del examen de forma.

Ciudad de México, a 10 de enero de 2020.

Juan Angel RAMOS IXTA
Apoderado de
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LOS REYES
BENITO JUÁREZ 187
CENTRO
59780, CHILCHOTA, Michoacán, México

No. Folio: 1154

REF: Se da acuse de recibo a su Solicitud presentada el 08/11/2019

En términos de lo dispuesto por los artículos 50 de la Ley de la Propiedad Industrial, 7º del Acuerdo por el que se establecen reglas y criterios para la resolución de diversos trámites ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, 11 fracción IV, 13, 18 fracción II y 19 del Acuerdo por el que se establecen Lineamientos en materia de servicios electrónicos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, en los trámites que se indican; se tiene por satisfecho el examen de forma al haber cumplido con lo dispuesto por la Ley de la Propiedad Industrial y su Reglamento.

Por lo anterior, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 11 fracción IV, 13, 18 fracción II y 19 del Acuerdo por el que se establecen Lineamientos en materia de servicios electrónicos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, en los trámites que se indican, y de conformidad con los artículos 52 de la Ley de la Propiedad Industrial; 39 y 40 del Reglamento de la Ley de la Propiedad Industrial, una vez aprobado el examen de forma, la publicación en Gaceta de la presente solicitud de patente en trámite, tendrá lugar después del vencimiento del plazo de 18 meses, contado a partir de la fecha de presentación de la solicitud de patente, o en su caso, de prioridad reconocida, la cual contendrá los datos bibliográficos comprendidos en la solicitud presentada, el resumen de la invención y, en su caso, el dibujo más ilustrativo de la misma o la fórmula química que mejor la caracterice.

No obstante, el artículo 52 de la Ley de la Propiedad Industrial y 40 de su Reglamento, también prevén que a petición del solicitante mediante escrito, la solicitud de patente podrá ser publicada de manera anticipada, siempre que la misma haya aprobado el examen de forma y el solicitante entere al Instituto el pago de la tarifa correspondiente (artículo 1d).

Así, una vez publicada la solicitud, de conformidad al artículo 52 BIS de la Ley de la Propiedad Industrial, en relación con lo dispuesto en el artículo 23 del Acuerdo por el que se establecen Lineamientos en materia de servicios electrónicos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, en los trámites que se indican, cualquier persona podrá dentro de un plazo de dos meses posteriores a aquella, presentar ante el Instituto, información concerniente a los requisitos de patentabilidad y sus excepciones (artículos 16 y 19 de la Ley de la Propiedad Industrial), por lo que el Instituto dará inicio al examen de fondo hasta haber transcurrido los plazos especificados.



MX/2020/1154