

# **MAESTRÍA EN AGROBIOTECNOLOGÍA**

**IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS POSTCOSECHA PARA  
PROLONGAR LA VIDA DE ANAQUEL DE LA FRESA**

## **TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRA EN AGROBIOTECNOLOGÍA**

### **PRESENTA:**

**Erika Alejandra Mateo Arroyo**

### **DIRECTORA DE TESIS:**

**M.C. Yolanda Ruíz Suarez**

**Los Reyes de Salgado, Michoacán a Octubre, 2022**





LOS REYES, MICH., A 27 DE SEPTIEMBRE 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:	MATEO ARROYO ERIKA ALEJANDRA
b) Maestría en:	Maestría en Agrobiotecnología
c) Matrícula:	M19060440
d) Nombre del Proyecto:	IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS POSTCOSECHA PARA PROLONGAR LA VIDA DE ANAQUEL DE LA FRESA
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.A.P. RAÚL ALVÍZAR MANZO	M.C. PEDRO SANDOVAL ESTRADA
Directora de Tesis	Codirectora Tesis	Tutor 1	Tutor 2

La presente tesis, titulada: **Implementación de técnicas postcosecha para prolongar la vida de anaquel de la fresa** realizada por la alumna **Erika Alejandra Mateo Arroyo**, bajo la dirección del Comité tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN AGROBIOTECNOLOGÍA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTORIAL:

DIRECTORA DE TESIS:



M.C. YOLANDA RUÍZ SUAREZ

CODIRECTORA DE TESIS:



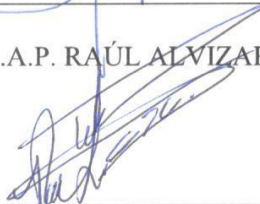
M.C. YOLANDA MARTÍNEZ ANDRADE

TUTOR 1:



M.A.P. RAÚL ALVIZAR MANZO

TUTOR 2:



M.C. PEDRO SANDOVAL ESTRADA

Los Reyes de Salgado, Michoacán, Octubre de 2022

## **SÍNTESIS CURRICULAR**

Erika Alejandra Mateo Arroyo es originaria de Peribán de Ramos, Michoacán, nació el 08 de Mayo de 1983. En el año 2002 ingresó al Instituto Tecnológico de Jiquilpán, en Jiquilpan de Juárez, Michoacán, México y egresó con el Título de Ingeniera Bioquímica con especialidad en Alimentos, en 2008. Del año 2008 al 2012 laboró en el Instituto Aprender para la Vida de Peribán, Michoacán como profesora de nivel básico en Secundaria. Del año 2008 al 2015 laboró en el Instituto Aprender para la Vida de Peribán, Michoacán como profesora en nivel medio superior en Preparatoria y Bachillerato. Del año 2012 al 2015 laboró en la Secundaria Técnica No. 37 de Gildardo Magaña, Municipio de Peribán, Michoacán como profesora de nivel básico en Secundaria. Del año 2008 al 2022 ha laborado en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes como profesora de nivel Licenciatura. Realizó la Maestría en Agrobiotecnología en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes del año 2019 al 2021. Durante el periodo que cursó sus estudios de posgrado fue ponente en el 15° Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y en el 9° Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán. La alumna egresa con un promedio de 96.75.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Quiero agradecer infinitamente a Dios por permitirme los logros que hasta el momento he obtenido en mi vida.

Hacerme un reconocimiento personal por el esfuerzo y dedicación para obtener el grado de Maestra, por todos los días que me impulse a continuar para comprobar mi potencial.

Un agradecimiento profundo al Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes mi segunda casa, por darme la oportunidad de culminar la Maestría en Agrobiotecnología.

Agradecer las facilidades y el apoyo económico al Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes para desarrollar mi proyecto.

El acompañamiento y guía durante mi formación a la M.C. Yolanda Ruíz Suárez, por compartir su conocimiento, experiencias, apoyo incondicional y amistad para que este proyecto tuviera término.

Al M.A.P. Raúl Alvizar Manzo por el apoyo y sus conocimientos compartidos para la mejora del proyecto realizado.

Al M.C. Pedro Sandoval Estrada por su amistad y apoyo incondicional y por los conocimientos compartidos para enriquecer el proyecto desarrollado.

A mi familia: mis hijos Didierick y Bastian a mi esposo Alberto, quienes son el motivo y la fuerza que me impulsa a desarrollar mi potencial y buscar cada vez una versión mejorada de mí, a quienes amo con profundo amor.

A mi Madre que me formó del material y la fuerza interna que contiene mi ser y a su amor infinito, a mis hermanos por estar siempre en cada logro y equivocación de mi vida, a mi Padre por forjar mi carácter y determinación. Los amo.

## **DEDICATORIA.**

A mis hijos Didierick y Bastian por ser mi motivación y el amor que contiene mi ser.

Gracias a ustedes me di cuenta de la fortaleza y del potencial que puedo desarrollar aun cuando las cosas se complican.

A Didierick quien fue mi compañero de clases y a Bastian por desarrollarse en mi vientre, este logro que es principalmente, NUESTRO.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
Técnicas más empleadas para preservar la fresa.....	3
<b>Temperaturas bajas.....</b>	<b>3</b>
<b>Uso de etileno.....</b>	<b>3</b>
<b>Películas o recubrimientos comestibles a base de mucílagos.....</b>	<b>4</b>
<b>Empleo de aceites esenciales.....</b>	<b>6</b>
<b>Radiación ultravioleta (UV) como medio de conservación.....</b>	<b>7</b>
<b>Radiación infrarroja como conservante.....</b>	<b>8</b>
<b>JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....</b>	<b>9</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>12</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
Planta de fresa.....	14
Fruto de fresa.....	14
Proceso de maduración de la fresa.....	15
<b>Fases de maduración de la fresa.....</b>	<b>16</b>
<b>Descripción del color de las fases de maduración de la fresa.....</b>	<b>16</b>
Vida útil de la fresa.....	16
Problemas postcosecha en fresa.....	17
Enfermedades postcosecha en fresa.....	17
Fisiopatías en fresa.....	18
<b>Frutos albinos.....</b>	<b>19</b>
<b>Quemadura o Escaldadura del fruto.....</b>	<b>19</b>
<b>Daño en fruto por exceso de agua.....</b>	<b>20</b>
<b>Frutas deformes por deficiencia de boro.....</b>	<b>20</b>
Importancia del cultivo de fresa.....	20

<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
Material vegetal.....	24
Método.....	24
<b>CORRIDA 3.....</b>	<b>25</b>
<b>CORRIDA 4.....</b>	<b>25</b>
<b>CORRIDA 5.....</b>	<b>26</b>
<b>Llenado de clamshells.....</b>	<b>26</b>
<b>Radiación ultravioleta.....</b>	<b>26</b>
<b>Radiación infrarroja.....</b>	<b>27</b>
<b>Aceite de orégano.....</b>	<b>27</b>
<b>Recubrimiento comestible (mucílagos).....</b>	<b>28</b>
<b>Almacenamiento.....</b>	<b>28</b>
<b>Variables evaluadas.....</b>	<b>29</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
Pruebas individuales.....	33
Pruebas combinadas.....	34
<b>Desjugamiento.....</b>	<b>35</b>
<b>Crecimiento de hongos.....</b>	<b>36</b>
<b>Grados Brix (°Brix).....</b>	<b>39</b>
<b>Acidez titulable.....</b>	<b>41</b>
<b>Firmeza.....</b>	<b>43</b>
<b>Pérdida de peso.....</b>	<b>46</b>
<b>Índice de maduración.....</b>	<b>52</b>
<b>Corrida 5.....</b>	<b>54</b>
<b>Rechazos.....</b>	<b>54</b>
<b>Crecimiento de hongos.....</b>	<b>55</b>
<b>Desjugamiento.....</b>	<b>56</b>
<b>Rechazos totales.....</b>	<b>57</b>
<b>Grados Brix (°BRIX).....</b>	<b>59</b>
<b>Acidez titulable.....</b>	<b>60</b>
<b>Firmeza.....</b>	<b>63</b>
<b>Pérdida de peso.....</b>	<b>66</b>
<b>RESUMEN DE RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>



<b>CONCLUSIONES.</b> .....	69
Variedad Sayulita. ....	69
Variedad Yunuen.....	70
<b>RECOMENDACIONES.</b> .....	73
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b> .....	74
<b>ANEXOS.</b> .....	76
Anexo I. Corrida 1.....	76
Anexo II. Resultados del análisis estadístico de la corrida 2.....	85
Anexo III. Resultados del análisis estadístico de la corrida 4. ....	87
Anexo IV. Resultados del análisis estadístico de la corrida 5. ....	94

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<u>Ilustración 1. Planta de fresa. Fuente: Hogarmania.com, 2014.</u>	14
<u>Ilustración 2. Partes del fruto de la fresa.</u>	15
<u>Ilustración 3. Fases de maduración de la fresa.</u>	16
<u>Ilustración 4. Fresa con daño por B. cinérea.</u>	18
<u>Ilustración 5. Frutos albinos, asociado a exceso de Nitrógeno.</u>	19
<u>Ilustración 6. Daño por radiación solar en fruto y hojas.</u>	19
<u>Ilustración 7. Daño en pulpa por exceso de agua en la planta.</u>	20
<u>Ilustración 8. Frutos con deficiencia de Boro.</u>	20
<u>Ilustración 9. a) Pesaje de los clamshells (báscula digital de cocina marca PRONTO modelo SL3114). b) Rotulado, identificación y registro. Fresa variedad Sayulita.</u>	26
<u>Ilustración 10. Tratamiento radiación ultravioleta.</u>	27
<u>Ilustración 11. Tratamiento radiación infrarroja.</u>	27
<u>Ilustración 12. Tratamiento aceite de orégano.</u>	28
<u>Ilustración 13. Tratamiento mucílago.</u>	28
<u>Ilustración 14. Refrigerador CRIOTEC CFX-42-4P.</u>	29
<u>Ilustración 15. Báscula de cocina marca PRONTO modelo SL3114.</u>	30
<u>Ilustración 16. Penetrómetro análogo.</u>	30
<u>Ilustración 17. Refractómetro.</u>	31
<u>Ilustración 18. Tratamientos crecimiento de hongos. Pruebas individuales.</u>	33
<u>Ilustración 19. Tratamientos desjugamiento. Pruebas individuales.</u>	34
<u>Ilustración 20. Tratamientos para evitar el crecimiento de hongos. Pruebas combinadas.</u>	37
<u>Ilustración 21. Tratamientos para evitar pérdida de peso a 25 °C.</u>	49
<u>Ilustración 22. Tratamientos para evitar pérdida de peso a temperatura de refrigeración.</u>	52

<u>Ilustración 23. Radiación ultravioleta</u> .....	77
<u>Ilustración 24. Radiación ultravioleta (UV)</u> . ....	78
<u>Ilustración 25. Radiación infrarroja</u> .....	79
<u>Ilustración 26. Radiación infrarroja</u> .....	80
<u>Ilustración 27. Aceite de orégano</u> . ....	81
<u>Ilustración 28. Aceite de orégano</u> . ....	82
<u>Ilustración 29. Recubrimientos comestibles</u> .....	83
<u>Ilustración 30. Recubrimientos comestibles</u> .....	84

## LISTA DE GRÁFICAS

<u>Gráfica 1. Crecimiento de hongos en fresas</u> .....	33
<u>Gráfica 2. Desjugamiento de fresas</u> .....	34
<u>Gráfica 3. Días sin desjugamiento (temperatura 25°C)</u> .....	35
<u>Gráfica 4. Crecimiento de hongos a temperatura ambiente</u> .....	36
<u>Gráfica 5. Crecimiento de hongos a temperatura de refrigeración</u> .....	38
<u>Gráfica 6. Comportamiento de grados Brix a temperatura ambiente</u> .....	40
<u>Gráfica 7. Comportamiento de °Brix en fresas a temperatura de refrigeración</u> .....	41
<u>Gráfica 8. Comportamiento de la acidez en fresas a temperatura ambiente</u> .....	42
<u>Gráfica 9. Comportamiento de la acidez en fresas a temperatura de refrigeración</u> .....	43
<u>Gráfica 10. Comportamiento de la firmeza en fresas a temperatura ambiente</u> .....	44
<u>Gráfica 11. Comportamiento de la firmeza en fresas a temperatura de refrigeración</u> .....	45
<u>Gráfica 12. Comportamiento de la pérdida de peso (g) a temperatura ambiente</u> .....	46
<u>Gráfica 13. Análisis de los tratamientos respecto a la pérdida de peso (g) a temperatura ambiente</u> .....	48
<u>Gráfica 14. Comportamiento de la pérdida de peso (g) en frutos en refrigeración</u> .....	50
<u>Gráfica 15. Comportamiento de la pérdida de peso de los tratamientos a temperatura de refrigeración</u> .....	52
<u>Gráfica 16. Índice de madurez en fresas a temperatura ambiente</u> .....	53
<u>Gráfica 17. Comportamiento de los frutos respecto al índice de madurez a temperatura de refrigeración</u> .....	54
<u>Gráfica 18. Comportamiento del porcentaje del crecimiento de hongos en frutos de fresa</u> .....	56
<u>Gráfica 19. Comportamiento del porcentaje de desjugamiento de fresas</u> .....	57
<u>Gráfica 20. Comportamiento del porcentaje de rechazos totales en fresas</u> .....	58

<u>Gráfica 21. Comportamiento del % Sólido solubles a 1DDT.</u> .....	59
<u>Gráfica 22. Comportamiento del porcentaje de °Brix a 2DDT en frutos de fresa.</u> .....	60
<u>Gráfica 23. Comportamiento del porcentaje de acidez titulable a 1DDT.</u> .....	62
<u>Gráfica 24. Comportamiento del porcentaje de acidez titulable en fresas a 2DDT.</u> .....	63
<u>Gráfica 25. Comportamiento de la firmeza a 1DDT.</u> .....	65
<u>Gráfica 26. Comportamiento de la firmeza a 2DDT.</u> .....	66
<u>Gráfica 27. Comportamiento de la diferencia de pérdida de peso (g) de 1DDT a 2DDT.</u> .....	67

## LISTA DE TABLAS

<u>Tabla 1. Tratamientos luz UV, radiación infrarroja, aceite de orégano y recubrimientos comestibles.</u> .....	24
<u>Tabla 2. Tratamientos experimentales corrida 3.</u> .....	25
<u>Tabla 3. Tratamientos corrida 4.</u> .....	25
<u>Tabla 4. Análisis de varianza Crecimiento de hongos a 25°C.</u> .....	36
<u>Tabla 5. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	37
<u>Tabla 6. Análisis de varianza Crecimiento de hongos a 4°C.</u> .....	38
<u>Tabla 7. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	38
<u>Tabla 8. Análisis de varianza pérdida de peso a 25°C.</u> .....	47
<u>Tabla 9. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%</u> .....	47
<u>Tabla 10. Análisis de varianza pérdida de peso a 4 °C.</u> .....	50
<u>Tabla 11. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	51
<u>Tabla 12. Porcentaje de rechazos por crecimiento de hongos.</u> .....	55
<u>Tabla 13. Porcentajes de desjugamiento en los frutos de fresa.</u> .....	57
<u>Tabla 14. Porcentaje de rechazos totales en los frutos de fresa.</u> .....	58
<u>Tabla 15. Análisis de varianza °Brix 2DDT.</u> .....	59
<u>Tabla 16. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	60
<u>Tabla 17. Análisis de varianza Acidez titulable 1DDT.</u> .....	61
<u>Tabla 18. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	61
<u>Tabla 19. Análisis de varianza Acidez titulable 2DDT.</u> .....	62
<u>Tabla 20. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	63
<u>Tabla 21. Análisis de varianza Firmeza 1DDT</u> .....	64
<u>Tabla 22. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%</u> .....	64
<u>Gráfica 25. Comportamiento de la firmeza a 1DDT.</u> .....	65

<u>Tabla 23. Análisis de varianza Firmeza 2DDT.</u> .....	65
<u>Tabla 24. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	65
<u>Tabla 25. Tabla de resumen: Tratamientos estadísticamente significativos.</u> .....	68
<u>Tabla 26. Crecimiento de hongos en fresas.</u> .....	76
<u>Tabla 27. Testigo contra radiación ultravioleta (UV) CORRIDA 2. DDT (días después de aplicado el tratamiento).</u> .....	77
<u>Tabla 28. Testigo versus tratamientos de radiación infrarroja (IR) CORRIDA 1.</u> .....	78
<u>Tabla 29. Testigo en comparación con radiación infrarroja (IR). DDT (días después del tratamiento).</u> .....	79
<u>Tabla 30. Testigo con respecto al tratamiento de aceite de orégano.</u> .....	80
<u>Tabla 31. Testigo versus aceite de orégano (AO). DDT (días después de aplicado el tratamiento).</u> .....	81
<u>Tabla 32. Testigo en comparación con los tratamientos de recubrimientos comestibles.</u> .....	83
<u>Tabla 33. Testigo versus recubrimientos comestibles (mucílagos). DDT (días después de aplicado el tratamiento).</u> .....	84
<u>Tabla 34. Análisis de Varianza crecimiento de hongos pruebas individuales a 25 °C.</u> .....	85
<u>Tabla 35. Análisis de comparación de medias de Tukey a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	85
<u>Tabla 36. Análisis de Varianza desjugamiento pruebas individuales a 25 °C.</u> .....	86
<u>Tabla 37. Análisis de comparación de medias de Tukey a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	86
<u>Tabla 38. Análisis de varianza pérdida de peso a 4 °C.</u> .....	87
<u>Tabla 39. Análisis de varianza índice de madurez a 25 °C.</u> .....	87
<u>Tabla 40. Análisis de varianza índice de madurez a 4 °C.</u> .....	87
<u>Tabla 42. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	88
<u>Tabla 43. Análisis de varianza Sólidos solubles a 4 °C.</u> .....	88
<u>Tabla 44. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.</u> .....	89
<u>Tabla 45. Análisis de varianza Acidez titulable a 25 °C.</u> .....	89

<u>Tabla 46. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%. .....</u>	89
<u>Tabla 47. Análisis de varianza Acidez titulable a 4 °C. ....</u>	90
<u>Tabla 48. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%. .....</u>	90
<u>Tabla 49. Análisis de varianza Firmeza a 25 °C. ....</u>	91
<u>Tabla 50. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%. .....</u>	91
<u>Tabla 51. Análisis de varianza Firmeza a 4 °C. ....</u>	91
<u>Tabla 52. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%. .....</u>	92
<u>Tabla 53. Análisis de varianza Firmeza a 25 °C. ....</u>	92
<u>Tabla 54. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%. .....</u>	92
<u>Tabla 55. Análisis de varianza Índice de madurez a 4 °C. ....</u>	93
<u>Tabla 56. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%. .....</u>	93
<u>Tabla 57. Análisis de varianza °Brix 1DDT. ....</u>	94
<u>Tabla 58. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%. .....</u>	94
<u>Tabla 59. Análisis de varianza Pérdida total por tratamiento Corrida 5. ....</u>	94
<u>Tabla 60. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%. .....</u>	95



## RESUMEN

La fresa es un fruto no climatérico, que a pesar de las excelentes características organolépticas es muy perecedero, por presentar una alta tasa de respiración y limitada vida postcosecha. Los índices de calidad de la fresa están vinculados a su apariencia (color, tipo, forma, libre de defectos) y también a la firmeza, sabor, olor y valor nutricional. El presente estudio evaluó la vida útil de la fresa de las variedades Sayulita y Yunuen con base en una combinación de técnicas postcosecha que alargan el tiempo de anaquel aplicando las técnicas postcosecha luz UV (20, 30 y 40 minutos) , radiación infrarroja (1, 3 y 5 minutos) , aceite de orégano (1, 2 y 3%), película comestible (sábila, nopal y chía), luz UV20min-película comestible Nopal, radiación infrarroja 3 min-película comestible Nopal, radiación infrarroja 3 min-aceite de orégano 3%, película comestible Nopal-aceite de orégano 3% , UV 20min-aceite orégano 3%, UV 20 min-aceite de orégano 3%- película comestible Nopal y radiación infrarroja 3min- aceite de orégano 3%- película comestible Nopal. Las técnicas IR3-AO3, AO3-NP y UV20-AO3-NP demostraron ser significativas para inhibir el crecimiento de hongos para la variedad Sayulita a temperatura estándar. Los tratamientos IR3-NP, AO3-NP, UV20-AO3-NP y IR3-AO3-NP estadísticamente significativos fueron negativos respecto al testigo a 25 °C en la variedad Sayulita. Para evitar la pérdida de peso a temperatura estándar los tratamientos UV20-NP, AO3-NP, UV20-AO3-NP y IR3-AO3-NP mostraron resultados significativos mientras a temperatura de 4 °C los tratamientos UV20-AO3, IR3-AO3 y IR3-AO3-NP fueron adecuados para la variedad Sayulita. Respecto a la variedad Yunuen los tratamientos UV20-NP, IR3-AO3 y AO3-NP mostraron mejores resultados respecto al testigo al analizar los sólidos solubles. Para los valores de acidez los tratamientos IR3-AO3 y UV20-NP demostraron ser mejores y los frutos con los tratamientos UV20-AO3, IR3-AO3, IR3-NP, UV20-NP, IR3-AO3-NP y UV20-AO3-NP mostraron mayor firmeza que los frutos testigos.

## **ABSTRACT**

### **IMPLEMENTATION OF POST-HARVEST TECHNIQUES TO PROLONG THE SHELF LIFE OF THE STRAWBERRYART.**

The strawberry is a non-climacteric fruit, which despite the excellent organoleptic characteristics is very perishable, for presenting a high rate of respiration and limited post-harvest life. The quality indices of the strawberry are linked to its appearance (color, type, shape, free of defects) and also to the firmness, taste, smell and nutritional value. The present study evaluated the shelf life of the strawberry of the Sayulita and Yunuen varieties based on a combination of post-harvest techniques that lengthen the shelf time by applying the post-harvest techniques UV light (20, 30 and 40 minutes), infrared radiation (1, 3 and 5 minutes), oregano oil (1, 2 and 3%), edible film (aloe, nopal and chia), UV light 20min-edible film Nopal, infrared radiation 3 min-edible film Nopal, infrared radiation 3 min-oregano oil 3%, edible film Nopal-oregano oil 3%, UV 20min-oregano oil 3%, UV 20 min-oregano oil 3%- Nopal edible film and radiation infrared 3min- oregano oil 3%- edible film Nopal. The IR3-AO3, AO3-NP and UV20-AO3-NP techniques proved to be significant in inhibiting fungal growth for the Sayulita variety at standard temperature. Statistically significant treatments IR3-NP, AO3-NP, UV20-AO3-NP and IR3-AO3-NP were negative with respect to the control at 25 °C in the Sayulita variety. To avoid weight loss at standard temperature the UV20-NP, AO3-NP, UV20-AO3-NP and IR3-AO3-NP treatments showed significant results while at a temperature of 4 °C the UV20-AO3, IR3-AO3 and IR3-AO3-NP treatments were suitable for the Sayulita variety. Regarding the Yunuen variety, the UV20-NP, IR3-AO3 and AO3-NP treatments showed better results compared to the control when analyzing the soluble solids. For the acidity values, the IR3-AO3 and UV20-NP treatments proved to be better and the fruits with the UV20-AO3, IR3-AO3, IR3-NP, UV20-NP, IR3-AO3-NP and UV20-AO3-NP treatments showed greater firmness than the control fruits.

## INTRODUCCIÓN.

La fresa es un fruto no climatérico, que a pesar de las excelentes características organolépticas es muy perecedero, por presentar una alta tasa de respiración y limitada vida postcosecha. Los índices de calidad de la fresa están vinculados a su apariencia (color, tipo, forma, libre de defectos) y también a la firmeza, sabor, olor y valor nutricional (Andrea, 2013).

En el caso de la fresa por ser un producto suave y delicado se producen también grandes pérdidas postcosecha. En un estudio más reciente relacionado con pérdidas de frutas y vegetales elaborado para la FAO, se estimaron pérdidas del 23% para fresas en países desarrollados (Kader y Rolle, 2004). En México, en un estudio realizado por Reyes (1994) en la recepción de una empacadora de fresa, de la ciudad de Irapuato, se hallaron pérdidas por daño mecánico del 9.13%, el cual fue atribuido al transporte (GONZÁLEZ, 2009).

Las pérdidas de calidad de las fresas frecuentemente se deben a la descomposición causada por el hongo *Botrytis cinérea*, y cuando se combina ésta con la pérdida de agua, el suavizamiento y las magulladuras durante el manejo y el transporte, las pérdidas pueden llegar a ser mayores del 40% antes de que lleguen al consumidor (Bower y col., 2003).

En el caso de México, el cultivo de la fresa tiene gran importancia económica debido a que es un cultivo de exportación que requiere de una gran cantidad de mano de obra, lo que genera empleos y divisas (GONZÁLEZ, 2009).

Debido a que la producción y comercialización de la fresa en México y en varios países del mundo, ha adquirido una considerable importancia desde el punto de vista económico, nutricional y de salud, es importante considerar las diversas operaciones del manejo postcosecha para detectar las principales causas de pérdidas y reducirlas a un mínimo. Aunado a esto, hay una creciente disminución en los márgenes de ganancia y los costos de producción han aumentado, por lo tanto, se acentúa más la necesidad de establecer estrategias que minimicen las pérdidas postcosecha (GONZÁLEZ, 2009).

Debido a lo anterior es de suma importancia que los frutos se produzcan bajo condiciones que aumenten la firmeza de los frutos desde la precosecha, ya que las condiciones del manejo postcosecha son de considerable importancia por tener influencia sobre los procesos fisiológicos de los productos. Así, los daños mecánicos favorecen las pudriciones, debido a que por las heridas pueden entrar los microorganismos patógenos. Las condiciones ambientales como el calor incrementa la velocidad de respiración, por consiguiente el producto pierde agua y se marchita.

Este proyecto pretende analizar las técnicas postcosecha empleadas en la actualidad y hacer una combinación de estas para aumentar la vida útil de la fresa.

## **ANTECEDENTES.**

### **Técnicas más empleadas para preservar la fresa.**

La vida útil de la fresa puede verse mejorada por el control de procesos de deterioro o inactivación de procesos fisiológicos, tanto del propio fruto como de los patógenos que pueda contener. La temperatura es el factor medio ambiental básico para conservarla durante el almacenamiento por afectar a su tasa de respiración y/o otras reacciones biológicas (Alban, 2010).

No obstante, la eliminación de etileno del aire circundante de la fruta en el almacenamiento puede reducir el desarrollo de enfermedades en las fresas (DeEll, 2006).

### **Temperaturas bajas.**

No son sensibles al daño por frío, es decir, que pueden almacenarse a temperaturas bajas como 0 °C y no sufren desórdenes físicos tales como oscurecimiento interno, siempre y cuando estén sanas y libres de defectos o daños. Los estándares internacionales sugieren una temperatura óptima de 0 °C a 2.5 °C y una humedad relativa de 85 a 90% (ISO, 1983).

### **Uso de etileno.**

Se ha observado que las fresas son tolerantes al almacenamiento en atmósferas modificadas con altas concentraciones de CO<sub>2</sub> lo cual ayuda a extender en gran medida su vida útil inhibiendo la descomposición y retardando el suavizamiento (Tudela y col., 2003, Larsen y Watkins, 1995). Las atmósferas típicamente recomendadas son concentraciones de 15 % a 10°C y de 20% a 5 °C (Ke y col., 1993 y Gun-Hee y Wills., 1998), sin embargo, la exposición de las fresas a < 2% de O<sub>2</sub> y/o >25% CO<sub>2</sub> puede causar desarrollo de sabores desagradables y decoloración dependiendo del cultivo (DeEll, 2006).

En cuanto a la acción del etileno, ha sido aceptado que concentraciones de etileno mayores a 0.1mg /L aceleran la senescencia en los productos no climatéricos, sin embargo, para el caso de fresas se han hecho muy pocas investigaciones para cuantificar el efecto benéfico de bajas concentraciones de etileno sobre la calidad de la fresa. Por otro lado, se ha demostrado que la

exposición al etileno es un factor que incrementa el deterioro de la fresa durante la comercialización. Wills y Kim, (1995) reportaron que concentraciones de 0.01 mg /L de etileno incrementan el suavizamiento y reducen la vida de almacenamiento de las fresas a 0 °C. Sin embargo, en otro estudio realizado posteriormente por Bower y col., (2003) en el cual se expusieron fresas a concentraciones de etileno de 0.1 a 1.0 mg /L, encontraron que concentraciones por arriba de 1 mg /L no afectan la velocidad de desarrollo de enfermedades ni a 0 °C ni a 5 °C, en este caso el principal efecto fue el oscurecimiento del cáliz.

Para preservar la calidad de la fresa y extender su vida útil pueden utilizarse diversos métodos de conservación como la aplicación de atmósferas controladas, refrigeración, recubrimientos a base de proteínas, polisacáridos y lípidos, así como el envasado activo cuyo término hace referencia a la incorporación de ciertos aditivos al material de envase o en el envase, como son algunos compuestos naturales conocidos por sus propiedades antisépticas y medicinales, los cuales pueden ser empleados en la preservación de alimentos como antimicrobianos, entre los principales compuestos naturales se encuentran los aceites esenciales de plantas (orégano, tomillo y clavo) y cítricos (naranja, limón, toronja) (Alarcón-García y colaboradores, 2015).

### **Películas o recubrimientos comestibles a base de mucílagos.**

La rápida perecebilidad de la fresa hace necesario el desarrollo de nuevas tecnologías para reducir el deterioro microbiológico y la pérdida de atributos de la calidad. Esto ha estimulado la búsqueda de nuevos sistemas naturales de conservación, basados en recubrimientos comestibles (RC) (González-Aguilar et al., 2009).

Actualmente, se han buscado alternativas que permitan incrementar la vida de anaquel de frutas y hortalizas frescas, siendo la aplicación de películas delgadas y recubrimientos comestibles a base de polímeros (Baldwin et al., 1995) uno de los mecanismos que han brindado mayor expectativa, ya que reducen la pérdida de humedad, el flujo de gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) y controlan el balance hidrofílico-lipofílico (Ali et al., 2013).

### **Nopal.**

Los recubrimientos naturales comestibles son una alternativa para incrementar la vida de anaquel de frutas y verduras (Lin y Zhao, 2007; Bourtoom, 2008). La elaboración de películas comestibles a base de mucílago de nopal es una alternativa para mantener la calidad, apariencia y prolongar la vida comercial de la fruta no procesada (Oosthuysen, 1997; Báez et al., 2000).

### **Sábila.**

El recubrimiento con *Aloe vera* reduce la tasa de respiración. Esto se traduce en un aumento de la vida útil, ya que a medida que la tasa es más elevada se espera un deterioro más avanzado de la calidad de la fruta (D. MARTINEZ ROMERO, 2006).

Las mejoras que presenta el gel de *Aloe vera* como recubrimiento influyen directamente en la tasa de respiración, reduciéndose y alargando la vida útil.

También influye en las pérdidas de peso, ya que retrasa la pérdida de agua de los productos causando una desaceleración en su maduración y dándole un mejor aspecto, siendo así más atractivo para el consumidor.

Otro punto importante donde el gel de *Aloe vera* influye positivamente es en la firmeza de los frutos, se relaciona a factores estructurales y químicos, la variación de estos factores puede influir en la calidad del producto, la firmeza y la textura de los alimentos es un punto que los consumidores valoran mucho y el *Aloe vera* retrasa el ablandamiento y mantiene las pectinas, alargando la vida útil y generando beneficios a la hora de su comercialización.

Algunas investigaciones mencionan su uso en mora de Castilla donde los frutos recubiertos mostraron una disminución a su favor en la tasa de respiración, en variables fisicoquímicas, microbiológicas y en los atributos sensoriales en comparación con los frutos control. Se logró aumentar la vida útil de la mora recubierta en 3 días, en comparación con el control. (Jhon D. RAMÍREZ Q. Iván D. ARISTIZÁBAL T., 2013), el empleo en manzana demostró tener la capacidad de actuar como un recubrimiento con propiedades de conservación en retrasar la maduración, pérdida de peso, SST, acidez titulable e infección de las manzanas, por lo que la

fruta conservó sus propiedades fisicoquímicas en almacenamiento hasta 30 días a condiciones ambientales. (García Domínguez, 2019)

### **Chía.**

La chía es una semilla que cuenta con una serie de propiedades beneficiosas para la salud, tiene un elevado contenido de proteína y aceite en comparación con otras semillas, su aporte de ácido linolénico omega 3 es elevado, así como sus propiedades antioxidantes, fibra soluble y dietética, además de minerales como calcio, potasio, hierro, magnesio y zinc, entre otros.

Esta semilla se puede aprovechar al 100 por ciento, pues tanto su aceite como el recubrimiento que tiene en el exterior son de gran utilidad, este último al hidratarse forma un mucílago hecho principalmente por polisacáridos, los cuales son ideales para formar estos recubrimientos comestibles cuyos componentes principales son a partir de una matriz polimérica, ahí es donde biopolímero de la chía se vuelve esencial.

Al agregarse algunos aditivos y otros elementos se genera un recubrimiento que actúa como barrera contra el flujo de gases nocivos, pérdida de aroma y de otras propiedades nutrimentales del alimento. Evita que se deterioren rápidamente los alimentos por la presencia del oxígeno del aire, la absorción o pérdida de humedad, el ataque de microorganismos, entre otros.

### **Empleo de aceites esenciales.**

Los aceites esenciales (AEs) son sustancias hidrofóbicas que poseen propiedades antimicrobianas y antioxidantes, con un potencial alto como conservador natural en la industria alimentaria y son consideradas GRAS (Generalmente Reconocidas como Seguras) (Sacchetti et al., 2005); por lo que, su uso cumple con las exigencias de seguridad que demandan los consumidores por el uso de productos naturales en los alimentos. La actividad antimicrobiana de AEs está asociada con los terpenoides y compuestos fenólicos de los aceites (Burt, 2004). (Marco A. López-Mata, 2012)



### **Radiación ultravioleta (UV) como medio de conservación.**

La radiación ultravioleta es considerada una tecnología emergente que consiste en someter la superficie del alimento a iluminación con longitudes de onda que varían desde 200-280 nm, comprobándose que se presenta una mayor acción germicida a emisiones de 254 nm. Se utilizan dosis que abarcan un intervalo desde 0.2 hasta 20 kJ/m<sup>2</sup> y la distancia entre el producto y la lámpara varía desde 10 hasta 40 cm. La inactivación microbiana por luz ultravioleta se produce mediante la absorción directa de la energía ultravioleta por el microorganismo y una reacción fotoquímica intracelular resultante que cambia la estructura bioquímica de las moléculas (probablemente en las nucleoproteínas) que son esenciales para la supervivencia del microorganismo. A su vez, induce mecanismos de defensa en el tejido metabólicamente activo de frutas y hortalizas; provocando la producción de fitoalexinas. Este tratamiento es útil como alternativa para prolongar la vida útil de los productos, debido a que requiere una baja inversión, cortos tiempo de exposición y no afecta significativamente las características fisicoquímicas y sensoriales de las frutas frescas (Dionelys Millán Villarroel, 2015).

Como cualquier otro desinfectante, el tiempo de exposición es vital para asegurar un buen desempeño. No es fácil determinar con exactitud el tiempo de contacto (ya que éste depende del tipo de flujo y de las características del equipo), pero el período debería estar relacionado con la dosificación necesaria (Solsona y Méndez 2002). Entonces se podría decir que cuanto mayor es el tiempo de exposición a una determinada dosis, tanto más eficaz es el tratamiento (Suárez 2001).

La aplicación de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas ha resultado un sistema efectivo para prolongar la vida útil de estos productos por ser letal para la mayoría de microorganismos. La aplicación en fresas para controlar la pudrición causada por *Botrytis cinerea*, con dosis de 0.25 \* 10<sup>3</sup> kgf/s<sup>2</sup> resulta efectiva a temperatura de almacenamiento de 4 a 13 °C y aumenta la vida de anaquel del fruto de 4 a 5 días (Barka, 2000).

Algunos estudios realizados permitieron determinar el tiempo máximo de conservación de la fresa (*Fragaria vesca*) durante 10 días en refrigeración una distancia de las lámparas a 40 cm de la fruta por un tiempo de exposición de 7.5 min (Ángel Beltrán Albán, 2010)

En otra investigación se trabajó con fresa (*Fragaria ananassa*) variedad florida la cual se sometió a un tratamiento de luz UV-C a una longitud de onda de 254 nm. La dosis de radiación utilizada en la experimentación fue de 0.6315 KJ/m<sup>2</sup> como único método de inhibición de hongos y levaduras para prolongar la vida de útil de las fresas, por un tiempo de 10 minutos, obtuvo un incremento del 12% en la vida útil de las fresas (VAZQUEZ, 2014).

### **Radiación infrarroja como conservante.**

La radiación infrarroja (IR) es una radiación electromagnética cuya longitud de onda comprende desde los 760-780 nm, limitando con el color rojo en la zona visible del espectro, hasta los 10 000 o 15 000 nm (según autores), limitando con las microondas.

La irradiación de alimentos es un método físico de conservación que presenta interesantes beneficios pues prolonga el tiempo de comercialización de los productos y mejora la calidad higiénico-sanitaria de los mismos (Suárez, 2001).

El empleo de la radiación infrarroja se enfoca principalmente a la deshidratación de frutas, sin embargo, en el presente trabajo se pretende emplear como un agente conservante.

## **JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.**

La fresa es una frutilla de color rojo atractivo y de sabor dulce agradable, constituida principalmente por agua y azúcares (hidratos de carbono como fructuosa, glucosa y xilitol) pero aporta una gran cantidad de vitamina C (más que la naranja), contiene ácido cítrico (presente en la mayoría de las frutas) y ácido salicílico el cual posee propiedades antiinflamatorias y microbianas. El consumo regular de esta frutilla puede ayudar a combatir la oxidación de las células y a prevenir la enfermedad del cáncer. Es auxiliar en la eliminación de líquidos corporales. Ayuda a mejorar el sistema linfático en la producción de glóbulos rojos y blancos. Tiene poderes anti inflamatorios. Por todo lo anterior se considera un alimento nutraceutico que además de aportar nutrientes también mejora la salud.

En México, la fresa es un cultivo de gran importancia económica y aunque son varios los estados productores, solamente tres tienen producción significativa: Michoacán, Baja California y Guanajuato (Alarcón-García, Trejo-Márquez, Corrales-Salinas, & Pascual Bustamante, 2015) y gracias a los indicadores Nacionales de producción, el país se posiciona en un buen lugar dentro de la exportación de fresa a otros países del mundo como Estados Unidos de Norte América, Japón y China y algunos otros países en el continente europeo.

Por lo anterior, resulta imprescindible desarrollar investigación y tecnología que ayuden a prolongar el tiempo de vida de la fresa en el mercado, evitando las enfermedades postcosecha que generan la degradación y baja el valor nutrimental y antioxidante, así como también pérdidas económicas de importancia para los productores de la región debido a que los resultados que se han obtenido hasta el momento no han sido los esperados.

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

La fresa es una de las frutas con mayor aceptación mundial y una fuente rica en vitamina C, minerales, flavonoides y carotenoides. Aunque es un fruto muy apreciado tiene la desventaja de ser muy perecedero, debido a su elevada respiración y la carencia de barrera exterior que limita la retención de agua (Min et al., 2005). Otras características que limitan la conservación de la fresa es su poca resistencia a los daños mecánicos y al ataque microbiológico (Fraire-Cordero et al., 2003).

El deterioro es generado principalmente por hongos, entre los más comunes y que provocan mayor daño se encuentran los hongos causantes del moho gris (*Botrytis cinerea*), y podredumbre blanca (*Rhizopus stolonifer*), estos hongos se reproducen rápida y fácilmente en las frutas, cambian su color rojo atractivo a un color pardo oscuro y pierden su estructura firme además de producirse, jugos de olor y sabor desagradable, reflejándose en pérdidas económicas importantes en el sector fresero.

Algunas de las condiciones como el mal manejo en el mercado, la exposición a cambios de temperatura, el tiempo de transportación de la frutilla y la contaminación por la exposición directa con el aire, son factores que reducen la vida de anaquel del alimento.

La fresa se puede conservar con una disminución de la temperatura, sin embargo, si ésta no es la adecuada, se acelera el proceso de maduración y puede verse afectada de manera física y perder sus propiedades organolépticas o favorecer el desarrollo de microorganismos patógenos.

La creciente demanda a nivel mundial obliga a buscar otras técnicas para su conservación como la colocación de películas comestibles protectoras a base de sustancias naturales como la sábila, algunos aceites y gomas y revestimientos artificiales como películas plásticas, uso de recipientes plásticos con algunas sustancias naturales o químicas que combatan los microorganismos al transportarlos y procedimientos físicos como la radiación con rayos UV e infrarroja.

## **HIPÓTESIS.**

La elección adecuada de las técnicas postcosecha ayuda a prolongar la vida de anaquel de la fresa.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL.**

Seleccionar las técnicas postcosechas más adecuadas para prolongar la vida de anaquel de la fresa.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Identificar los principales problemas que acortan la vida útil de la fresa.
- Proponer técnicas postcosecha que solucionen los problemas identificados en el objetivo anterior.
- Evaluar y comparar las diferentes técnicas propuestas para identificar cual representa la mejor opción para alargar la vida de anaquel de la fresa.

# **CAPITULO I**

## MARCO TEÓRICO.

### **Planta de fresa.**

El nombre botánico de la fresa es *Fragaria L* y pertenece a la familia de las Rosáceas (*Rosaceae*). La planta posee un rizoma cilíndrico y retorcido que se entierra verticalmente y del cual, a flor de tierra, nacen las hojas, las flores y los estolones tendidos que emiten raíces (Tamaro, 1981).



Ilustración 1. Planta de fresa. Fuente: Hogarmania.com, 2014.

### **Fruto de fresa.**

Por su morfología las fresas pertenecen al grupo de frutas conocido desde el punto de vista hortícola como bayas, aunque botánicamente no corresponden a una verdadera baya. La fresa es una fruta simple, formada por el engrosamiento del receptáculo floral que permanece pulposo y succulento cuando madura y contiene inmersas las semillas. En este contexto, la fresa es un falso fruto, teniendo las verdaderas frutas o aquenios sobre la parte externa del receptáculo pulposo y unido a él a través de conexiones vasculares (Schwab y Raab, 2004).

De acuerdo con la descripción de Szczesniak y Smith (1969) y Jewell y col., (1973), la fresa está compuesta de cinco zonas de tejidos: la epidermis, la hipodermis, la corteza, la zona de haces y la médula (GONZÁLEZ, 2009).



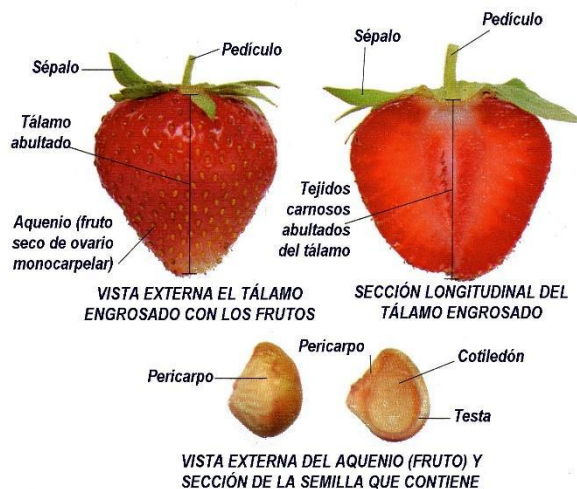


Ilustración 2. Partes del fruto de la fresa. Fuente: <http://paulainaganlcnovenno.blogspot.com/2010/04/partes-de-la-fresa.html>

La fruta crece rápidamente obteniendo su tamaño completo en aproximadamente 30 días, después de la antesis, dependiendo de las condiciones. El tiempo que lleva en alcanzar el color rojo está relacionado con la temperatura y puede variar entre 20 y 60 días (Schwab y Raab, 2004). Las bayas se caracterizan por tener una piel muy suave, lo cual las hace susceptibles al daño físico (abrasión, cortaduras, magulladuras y pérdida de jugo) y a la invasión de microorganismos patógenos (Green, 1971).

### Proceso de maduración de la fresa.

Por sus características fisiológicas la fresa es una fruta no climatérica (Kader, 1991, Miszczak y col., 1995, Gun-Hee y Wills, 1998, Cordenunsi y col., 2002, Voca y col., 2006), por lo tanto, no madura fuera de la planta, así que deben ser recolectadas cuando están casi completamente maduras y suaves, lo cual reduce considerablemente su vida postcosecha (Perkins-Veazie, 1995, Talbot y Chau, 1998). Su velocidad de respiración es alta, cerca de 15 mg CO<sub>2</sub>/Kg/h a 0 °C y se incrementa de 4 a 5 veces conforme se eleva la temperatura a 10 °C, entre 10 °C y 20 °C el incremento es de 2 a 3 veces (Kader, 1991). También se incrementa cuando la fresa se daña mecánicamente (Rosen y Kader, 1989).

Produce muy bajos niveles de etileno (hormona de la maduración) y no responde a los tratamientos postcosecha con etileno para la estimulación de la maduración, razón por la cual

también son cosechadas muy cerca de su madurez completa (Kader, 1991, Perkins-Veazie, 1991).

### **Fases de maduración de la fresa.**



Ilustración 3. Fases de maduración de la fresa. Fuente: Norma técnica colombiana NTC 882 - 2

### **Descripción del color de las fases de maduración de la fresa.**

Color 0: Fruto de color blanco verdoso, bien desarrollado.

Color 1: El fruto es de Color blanco verdoso con algunas áreas de color rojo en la zona apical.

Color 2: Aumenta el área de color rojo en la zona apical.

Color 3: El color rojo cubre hasta la zona media del fruto y la zona del cáliz presenta visos rosados.

Color 4: Aumenta el área de color rojo hacia la zona del cáliz.

Color 5: La intensidad del color rojo aumenta y empieza a cubrir la región cercana al cáliz. Color

6: El color rojo es intenso y cubre toda la fruta.

A diferencia de la mayoría de las frutas no climatéricas, la fresa cambia rápida y dramáticamente en su apariencia durante la maduración, la cual está caracterizada por un ablandamiento (suavizamiento), una síntesis de antocianinas y un incremento en los azúcares solubles (Perkins-Veazie, 1991). Otros cambios incluyen un incremento en el contenido de vitamina C, en los azúcares totales y pH y una disminución en la acidez, en el contenido de fenoles totales, y en la celulosa (Kader, 1991). Las pectinas solubles en agua se incrementan a un 90% de los niveles de la pectina total conforme la fruta madura.

### **Vida útil de la fresa.**

La fresa es un fruto muy perecedero debido a la alta velocidad con que transcurren los procesos metabólicos vitales como lo demuestra su alta tasa respiratoria. El rápido deterioro comercial

de la fresa viene determinado tanto por el consumo de sus propias reservas nutritivas como por la pérdida de agua por transpiración. Otro aspecto a tener en cuenta en referencia a sus características físicas es que este fruto posee una pulpa relativamente blanda, cubierta con una fina y delicada cubierta, muy susceptible a la rotura. Estas características hacen que la fresa se magulle por efecto de presiones de intensidad relativamente baja (Alban, 2010).

### **Problemas postcosecha en fresa.**

La fresa tiene una vida de anaquel muy corta. Las pérdidas post recolección de fruta y verdura fresca, principalmente causadas por hongos, están estimadas entre el 10 y el 30 % de la producción anual, porcentaje que aumenta en los países menos desarrollados. Estas pérdidas económicas se ven agravadas en el caso de la fresa por una producción en áreas muy distantes a las de su comercialización (puntos de venta). Por estudios de mercado se conoce que el 73% de la población española señala como mayores inconvenientes de la fresa, su fragilidad y su corto periodo de conservación (Herrera, M., 2002).

Estos factores contribuyen a pérdidas potenciales en postcosecha (Fraide---Cordero, et al., 2003) siendo la podredumbre gris causada por *Botrytis cinérea*, la principal causa en pérdidas postcosecha.

### **Enfermedades postcosecha en fresa.**

En estudios sobre pérdidas en postcosecha realizados en los mercados de Nueva York y Chicago, EUA, éstas ascendieron a 28.8 y 41.2% respectivamente, por daños mecánicos y pudriciones causadas por hongos principalmente (Kader, 1991). Los hongos y pseudohongos reportados en fresa en postcosecha en países como Canadá, Estados Unidos de América, Inglaterra e Israel son: *Aspergillus niger* Tiegh., *Botrytis cinerea* Pers.:Fr., *Colletotrichum spp.*, *Mucor spp.*, *Penicillium sp.*, *Pestalotia longisetula* Guba, *Phytophthora cactorum* (Lebert and Cohn) J. Schröt., y *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. (Sutton, 1998; Smith, 1998; Maas, 1998; Kader, 1991; Kenneth et al., 1968; Crop Protection, 2001); de éstos, *B. cinerea* y *R. stolonifer* son los más importantes en postcosecha; las pudriciones que causan están asociadas directamente con los daños físicos al fruto (Nunes et al., 1995; Ceponis et al., 1987).



Ilustración 4. Fresa con daño por *B. cinérea*. Fuente: agroalimentando.com

Cordero y colaboradores (2003) describen que la sensibilidad a daño físico y pudriciones se acentúa por las altas temperaturas que prevalecen en el campo durante la espera para el transporte de la fruta hacia su destino de comercialización o en el mercado durante su venta (Alcántara et al., 1995). Para disminuir las enfermedades en pre y postcosecha se hace uso de diversas estrategias en campo como el uso de fungicidas, variedades tolerantes, y cubiertas plásticas. Las cubiertas plásticas ayudan a disminuir la dispersión del inóculo de diversos hongos del suelo a las partes aéreas de la planta, y además evitan que los frutos se pongan en contacto con hongos del suelo (Ellis and Madden, 1998; Crop Protection, 2001).

Los síntomas de la descomposición por *Botrytis cinerea* se manifiestan por lesiones secas y firmes de color café, cubiertas por esporas de color gris-café. Este hongo se puede diseminar durante el almacenamiento aún a bajas temperaturas.

### **Fisiopatías en fresa.**

Se denomina fisiopatía a cualquier anomalía que se manifieste de manera funcional o morfológica en planta o fruto y que se origine por algún agente abiótico (Gastelum, 2012).

En cualquier cultivo pueden presentarse diversas fisiopatías, las cuales son originadas por la acción de fenómenos meteorológicos, disponibilidad de algún nutriente, aplicación de moléculas inorgánicas tóxicas para los cultivos, condiciones edáficas restrictivas, etc. Estas alteraciones fisiológicas muy a menudo suelen confundirse con el ataque de agentes biológicos, debido a que en muchos casos presentan cierta similitud en síntomas. La distinción es necesaria, en primer lugar, se debe identificar si el desorden que expresa la planta es generalizado para un conjunto de ellas, o es sectorial y con desplazamiento que genera daños exponenciales. Las

fisiopatías por condiciones climáticas anormales impactarán en el cultivo de manera general, mientras que en el ataque de una enfermedad los daños se mostrarán en escala progresiva sobre el cultivo (California, 2015).

Las fisiopatías más comunes en fresa son las siguientes:

### **Frutos albinos.**

Se debe al exceso de nitrógeno, lo que genera una deficiencia en la concentración de azúcares en el fruto. Se corrige reduciendo la concentración de nitrógeno e incrementando la concentración de calcio y potasio, para ello será necesario practicarle al cultivo un análisis foliar para determinar la concentración en pecíolos de calcio y potasio (California, 2015).



Ilustración 5. Frutos albinos, asociado a exceso de Nitrógeno. Fuente: Universidad de California, 2016.

### **Quemadura o Escaldadura del fruto.**

Se presenta bajo condiciones de alta radiación solar, la fruta es afectada cuando es expuesta directamente a la luz solar. Presenta una coloración albina solo en la zona donde intercepta luz (California, 2015).



Ilustración 6. Daño por radiación solar en fruto y hojas. Fuente: Universidad de California, 2016.

### **Daño en fruto por exceso de agua.**

El ablandamiento de la pulpa es común de las plantas con exceso de agua, esta característica genera susceptibilidades para la entrada de patógenos.



Ilustración 7. Daño en pulpa por exceso de agua en la planta. Fuente: Universidad de California, 2016.

### **Frutas deformes por deficiencia de boro.**

Este elemento es un nutriente indispensable para un adecuado desarrollo de los órganos reproductivos florales, en caso de no monitorear nutricionalmente al cultivo, la deficiencia del elemento se manifiesta con la aparición de frutos pequeños y deformes (California, 2015).

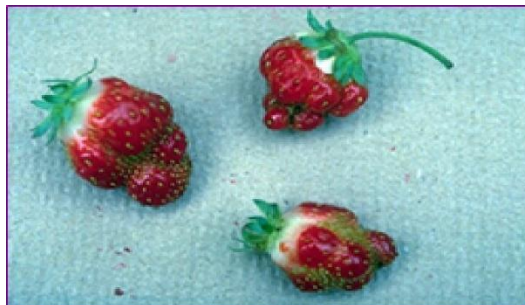


Ilustración 8. Frutos con deficiencia de Boro. Fuente: Universidad de California, 2016.

### **Importancia del cultivo de fresa.**

El importante valor nutricional y económico de las frutas frescas es bien conocido. Las frutas junto a las hortalizas son los mejores transportadores de vitaminas, minerales esenciales, fibra dietaria, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas. Además, proveen de carbohidratos, proteínas y calorías. Estos efectos nutricionales y promotores de la salud mejoran el bienestar humano y reducen el riesgo de varias enfermedades. Por ello las frutas y

las hortalizas son importantes para nuestra nutrición, sugiriendo una ingesta de cinco porciones por día (Alban, 2010).

La fresa (*Fragaria vesca*) es una de las frutas de color rojo con mayor aceptación mundial y una fuente rica en vitamina C, minerales, flavonoides y carotenoides. Estudios recientes han evidenciado que el consumo de frutos de color rojo reduce el riesgo a padecer enfermedades degenerativas (Restrepo et al., 2010).

Alarcón-García y colaboradores (2015) mencionan que el principal exportador en el mundo de fresa es España, que, en el año 2001, exportó un volumen igual a 212.081 toneladas métricas, lo cual representa el 65% de su producción total, es decir que solamente el 35% es para consumo interno. Esta cantidad de toneladas métricas exportadas por España en el 2001 supera en una proporción bastante considerable al segundo mayor exportador del mundo que es EE.UU.

EE.UU. pese a ser el mayor productor mundial de fresa, solamente exporta el 7.7% de su producción, mientras que el restante 92.3% se consume en el mercado interno. El total de exportaciones de fresa de EE.UU. en el 2001 alcanzó la cifra de 58.554 toneladas métricas. México por su parte ocupa el quinto lugar en volumen de exportación de fresa en el mundo, el cual en el 2001 fue de 30910 toneladas métricas, equivalentes al 23.6% de su producción total en el mismo año. Eso indica que poco más de tres cuartas partes de la producción mexicana de fresa se consumen en el mercado interno. En la opinión de Alarcón-García y colaboradores (2015).

Otros países exportadores de fresa en el mundo son: Italia y Bélgica que superan a México en cuanto a monto de exportaciones con 32.975 y 32.572 toneladas métricas respectivamente en el año 2001. Por su parte, países como Polonia, Francia, Marruecos, Países Bajos y la Federación Rusa también destacan entre los países exportadores de fresa en el mundo, aunque en un monto menor que el que lo hace México (Alban, 2010).

Menciona Alarcón-García y colaboradores (2015) que aunque son varios los estados productores de México, solamente tres tienen producción significativa: Michoacán es el primer estado y participa con 52% de la superficie sembrada, cosechada y producción del país, Baja

California es el segundo estado productor del país, participando con el 26.83% en la superficie sembrada, Guanajuato es el tercer estado productor del país, participando con el 10.17% en producción.



# **CAPITULO II**

## MATERIALES Y MÉTODOS.

### Material vegetal.

Para las primeras 4 corridas se emplearon frutos de fresa que se adquirieron de la Agrícola El Villano, ubicada en la zona agrícola de Chilchota, Michoacán. Son frutos de la variedad Sayulita. Se eligieron frutos con madurez comercial, de apariencia sana, libres de enfermedades y fisiopatías.

Para la corrida 5 se emplearon frutos de fresa que se adquirieron de la Agrícola Biotegro, ubicada en la zona agrícola de Umequaro, Michoacán. Son frutos de la variedad Yunuen. Se eligieron frutos con madurez comercial, de apariencia sana, libres de enfermedades y fisiopatías.

### Método.

Se llevaron a cabo diferentes tratamientos experimentales para probar diferentes tecnologías como luz UV, radiación infrarroja, aceite esencial de orégano y recubrimientos comestibles a diferentes dosis para evaluar cuál de ellos tienen un efecto significativo en la vida de anaquel de la fresa para posteriormente llevar a cabo una combinación de los mismos, la Tabla 1 muestra los tratamientos realizados en 2 corridas.

Tabla 1. Tratamientos luz UV, radiación infrarroja, aceite de orégano y recubrimientos comestibles.

TRATAMIENTO	CONDICIÓN CORRIDA 1			CONDICIÓN CORRIDA 2		
TESTIGO	NINGUNA			NINGUNA		
INFRARROJO (IR)	1 MINUTOS	2 MINUTOS	3 MINUTOS	1 MINUTOS	2 MINUTOS	3 MINUTOS
ULTRAVIOLETA (UV)	20 MINUTOS	30 MINUTOS	40 MINUTOS	20 MINUTOS	30 MINUTOS	40 MINUTOS
ACEITE DE ORÉGANO (AO)	1% POR ASPERSIÓN DIRECTA EN FRUTA	2% POR ASPERSIÓN DIRECTA EN FRUTA	3% POR ASPERSIÓN DIRECTA EN FRUTA	1% POR ASPERSIÓN DIRECTA EN CLAMSHELL	2% POR ASPERSIÓN DIRECTA EN CLAMSHELL	3% POR ASPERSIÓN DIRECTA EN CLAMSHELL
PELÍCULA DE SÁBILA (PS)	POR INMERSIÓN			POR INMERSIÓN SECANDO COMPLETAMENTE		

PELÍCULA DE NOPAL (PN)	POR INMERSIÓN	POR INMERSIÓN SECANDO COMPLETAMENTE
PELÍCULA DE CHÍA (PCH)	POR INMERSIÓN	POR INMERSIÓN SECANDO COMPLETAMENTE

### CORRIDA 3.

Se estableció la tercera corrida experimental con los 7 tratamientos y 4 repeticiones cada uno. Se evaluaron los tratamientos a temperatura ambiente y en refrigeración.

Tabla 2. Tratamientos experimentales corrida 3.

TRATAMIENTO	CONDICIÓN		
TESTIGO	NINGUNA		
INFRARROJO	3 MINUTOS	20 MINUTOS	
ACEITE DE ORÉGANO	1% POR INMERSIÓN SECANDO COMPLETAMENTE	2% POR INMERSIÓN SECANDO COMPLETAMENTE	3% POR INMERSIÓN SECANDO COMPLETAMENTE
PELÍCULA DE NOPAL	POR INMERSIÓN SECANDO COMPLETAMENTE		

### CORRIDA 4.

Una vez evaluados los tratamientos por separado, se realizó una combinación de aquellos que presentaron mejores resultados para determinar así cuál sería la mejor combinación. Se evaluaron 8 tratamientos a temperatura ambiente (25 °C) y en refrigeración (4°C) con 5 repeticiones cada uno de ellos.

Tabla 3. Tratamientos corrida 4.

TRATAMIENTO	LUZ UV	LUZ INFRARROJA	ACEITE DE ORÉGANO	RECUBRIMIENTO COMESTIBLE
TESTIGO	-	-	-	-
UV20-AO3	20 min	-	3%	-
UV20-NP	20 min	-	-	MUCÍLAGO NOPAL
IR3-AO3	-	3 min	3%	-
IR3-NP	-	3 min	-	MUCÍLAGO NOPAL

AO3-NP	-	-	3%	MUCÍLAGO NOPAL
UV20-AO3-NP	20 min	-	3%	MUCÍLAGO NOPAL
IR3-AO3-NP	-	3 min	3%	MUCÍLAGO NOPAL

### **CORRIDA 5.**

Se realizó una nueva corrida para validar los resultados de la corrida 4 empleando frutos de una variedad distinta (Yunuen) evaluándose los mismos tratamientos de la corrida 4 (Tabla 3) a temperatura ambiente (25 °C), 40 frutos dispuestos en charolas alejados 5cm de distancia entre cada fruto y 5 frutos reservados en un Clamshell para monitorear el peso cada día.

### **Llenado de clamshells.**

Para las primeras 4 corridas se llenaron clamshells comerciales de PET con perforaciones de ventilación con la cantidad de frutos de manera holgada evitando el contacto excesivo entre las fresas con un peso de 140-220 g. Para la corrida 5 se pesaron de forma individual 5 frutos previamente identificados para cada tratamiento y reservados en un clamshell. El pesado se llevó a cabo en una báscula digital de cocina marca PRONTO modelo SL314.



Ilustración 9. a) Pesaje de los clamshells (báscula digital de cocina marca PRONTO modelo SL3114). b) Rotulado, identificación y registro. Fresa variedad Sayulita.

### **Radiación ultravioleta.**

Las fresas fueron sometidas con el clamshell abierto a radiación UV. Se empleó 1 lámpara UV marca PHILIPS 17 W a una distancia de 40 cm dentro de una campana de extracción a base de lámina de acero inoxidable (100 X 50 X 50 cm) y recubriendo la entrada con una bolsa negra.

Se aplicaron 20, 30 y 40 minutos como tratamiento. Posteriormente se almacenaron con los demás tratamientos guardando un espacio mínimo de 2 cm entre clamshells. Para la corrida 5 se emplearon 40 frutos en charola expuestos por ambos lados a la radiación.



Ilustración 10. Tratamiento radiación ultravioleta. a, b y c) Aplicación de dosis: 20 minutos, 30 minutos y 40 minutos. d) Almacenamiento.

### **Radiación infrarroja.**

Las fresas fueron sometidas con el clamshell abierto a radiación infrarroja empleando 1 lámpara reflectora infrarroja marca PHILIPS (230 V-250 W) a una distancia de 40 cm dentro de una cámara elaborada con cartón (50 x 40 x 50 cm) y bolsas negras para evitar la dispersión de los rayos infrarrojos fuera de la misma. Se aplicaron 1, 2 y 3 minutos como tratamiento. Posteriormente se almacenaron con los demás tratamientos guardando un espacio mínimo de 2 cm entre clamshells. Para la corrida 5 se emplearon 40 frutos en charola expuestos por ambos lados a la radiación.



Ilustración 11. Tratamiento radiación infrarroja. a) y b) Cámara elaborada con cartón y bolsas negras. c) y d) Aplicación de dosis: 1, 2 y 3 minutos. e) Almacenamiento.

### **Aceite de orégano.**

Se prepararon soluciones al 1, 2 y 3% a base de aceite de orégano y agua destilada. Se sumergieron los frutos y se dejaron secar completamente con ayuda de un ventilador tipo ciclón marca NAVIA modelo ERON-500 20". Se colocaron las fresas previamente pesadas y se

llevaron a almacenamiento con los demás tratamientos guardando un espacio mínimo de 2 cm entre clamshells. Para la corrida 5 se emplearon 40 frutos almacenados en charola.

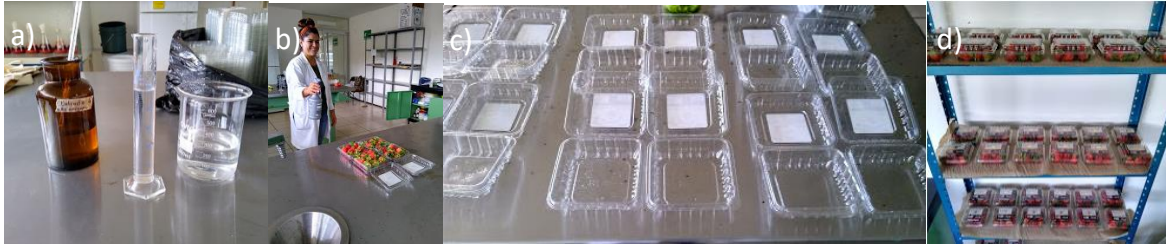


Ilustración 12. Tratamiento aceite de orégano. a) Preparación de diferentes dosis 1%, 2% y 3%. b) Aplicación de soluciones en clamshells con ayuda de un atomizador. c) Secado de clamshells con ayuda de ventilador. d) Almacenamiento.

### **Recubrimiento comestible (mucílagos).**

Para la preparación de los recubrimientos comestibles se pesaron 20 g de chíá, 50 g de nopal crudo sin espinas, 50 g de pulpa de sábila, se diluyeron por separado en 200 mL de agua destilada, se dejaron reposar por 10 minutos y se colaron con ayuda de colador de plástico de cocina. Se aplicaron los mucílagos por separado con la misma metodología: se sumergieron los frutos de fresa y escurrieron perfectamente. Se dejaron secar sobre un papel filtro para café con ayuda de un ventilador tipo ciclón marca NAVIA modelo ERON-500 20". Se colocaron en el clamshell correspondiente y se llevó a almacenamiento con los demás tratamientos guardando un espacio mínimo de 2 cm entre clamshells. Para la corrida 5 se emplearon 40 frutos almacenados en charola.



Ilustración 13. Tratamiento mucílagos. a) Pesado. b) Reposo de mucílagos de chíá, sábila y nopal. c) y d) Secado. e) Almacenamiento.

### **Almacenamiento.**

#### **Temperatura ambiente**

Las muestras se almacenaron en clamshells comerciales de PET (Tereftalato de polietileno) con perforaciones de ventilación sobre papel secante para manos en estante de metal con una temperatura de 25 °C. Se evaluó la estabilidad de las muestras durante 5 días. Los atributos de

presencia de microorganismos, oscurecimiento y/o desjugamiento, acidez, firmeza, pérdida de peso y °Brix se observaron los días 1, 2, 3, 4 y 5. Para la corrida 5 se emplearon 40 frutos almacenados en charola dispuestos 5 cm de distancia entre ellos.

### **Temperatura refrigeración**

Las muestras se almacenaron en clamshells comerciales de PET (Tereftalato de polietileno) con perforaciones de ventilación apilados en charolas de plástico (30 cm x 40 cm) con una temperatura de 4 °C dentro de refrigerador CRIOTEC CFX-42-4P (Ilustración 14). Se evaluó la estabilidad de las muestras durante 14 días. Los atributos de presencia de microorganismos, oscurecimiento y/o desjugamiento, acidez, firmeza, pérdida de peso y °Brix se observaron los días 1 al 14.



Ilustración 14. Refrigerador CRIOTEC CFX-42-4P.

### **Variables evaluadas.**

La medición de las variables se realizó diariamente durante cinco días para tratamiento a temperatura ambiente (25°C) y por 14 días para temperatura de refrigeración (4°C), a partir de la aplicación de los tratamientos, se tomaron 3 frutos al azar de cada tratamiento. Para la corrida 5 se emplearon 5 frutos exclusivamente para monitorear el peso.

Las variables se describen a continuación:

1. **Pérdida de peso.** Se tomó el peso por lote de los frutos y se registró el valor de cada medición. Se empleó una báscula de cocina marca PRONTO modelo SL3114 (Ilustración 15). El resultado se expresó en gramos (g).



Ilustración 15. Báscula de cocina marca PRONTO modelo SL3114.

2. **Firmeza.** Se utilizó un penetrómetro análogo modelo GY-3\* (DUAL) Doble Rango 0.5 – 12Kg/cm<sup>2</sup> y 1 – 24Kg/cm<sup>2</sup> (Ilustración 16) el cual se calibró a cero y se le colocó la punta correspondiente (8 mm); se penetró el fruto suavemente hasta lograr que la punta se sumergiera aproximadamente 10 mm. El resultado se expresó en Kg/cm<sup>2</sup>.



Ilustración 16. Penetrómetro análogo modelo GY-3\* (DUAL) Doble Rango 0.5 – 12Kg/cm<sup>2</sup> y 1 – 24Kg/cm<sup>2</sup>.

3. **Sólidos solubles.** Se midió obteniendo el jugo de 1 fruto, se coloca una gota en el refractómetro modelo SCM-1000 (Ilustración 17) y se efectuó la lectura. El resultado se expresó en °Brix.





Ilustración 17. Refractómetro modelo SCM-1000.

4. **Acidez titulable.** Se obtuvo con la titulación de 1 mL de jugo de fresa, utilizando NaOH 0.1 N y fenoftaleína como indicador. El resultado se expresó en porcentaje de ácido cítrico. Empleando la fórmula:

$$\% \text{ acido citrico} = \frac{(\text{mL NaOH } 0.1 \text{ N})(0.064)(0.1 \text{ N})}{1\text{mL de jugo de fresa}}$$

5. **Índice de madurez.** Se calculó con base en la fórmula:

$$\text{índice de madurez} = \frac{\text{sólidos solubles}}{\text{ácidez titulable}}$$

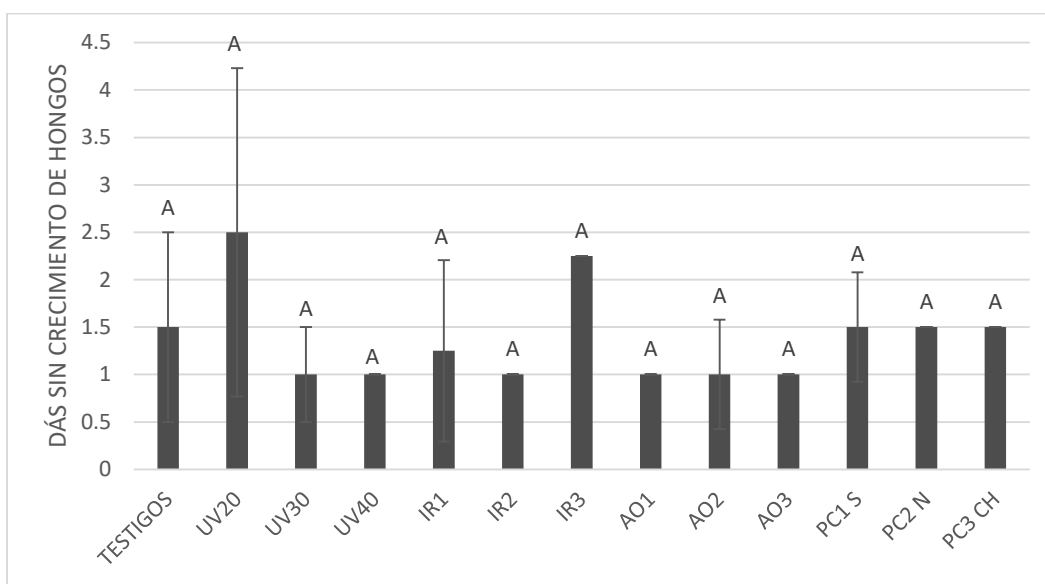
6. **Vida útil de los frutos.** Se determinó de manera visual el crecimiento de hongos y el escurrimiento de jugo contando los días a partir de aplicados los tratamientos.

# **CAPITULO IV**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### Pruebas individuales.

Se probaron cuatro tecnologías diferentes a distintas concentraciones cada una para definir la eficacia de estas contra el desjugamiento y la proliferación de hongos en la fresa. Se contaron los días que tardaron las frutas en desarrollar hongo estadísticamente no se encontró significancia (Anexo II) sin embargo, de manera visual se destacaron los tratamientos UV20 (luz ultravioleta por 20 minutos), IR1 (radiación infrarroja por 1 minuto) y AO3 (aceite de orégano al 3%) respecto al testigo mostrando un mayor número de días sin crecimiento de hongos (Gráfica 1 e Ilustración 18).

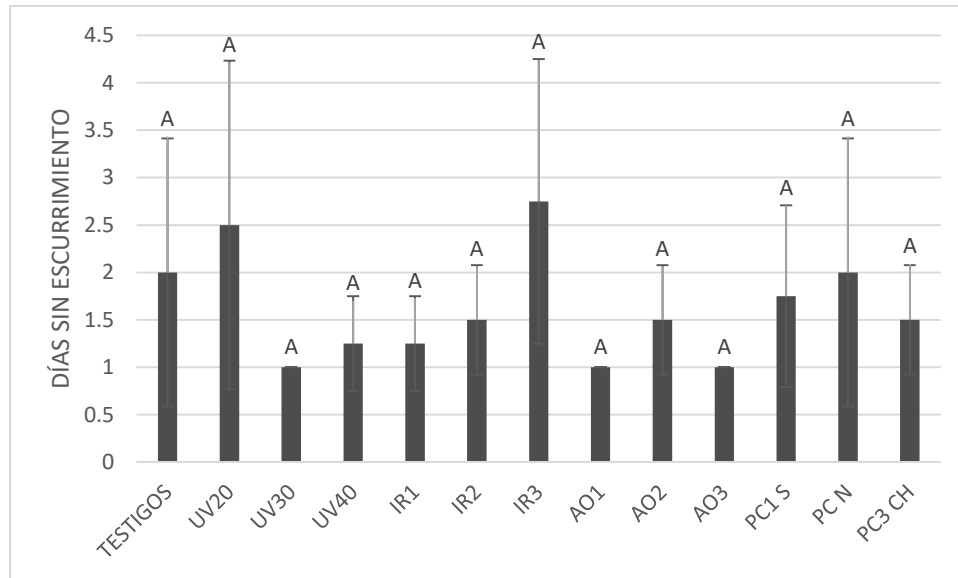


Gráfica 1. Crecimiento de hongos en fresas



Ilustración 18. Tratamientos crecimiento de hongos. Pruebas individuales. a) Testigo. b) Tratamiento UV 20 minutos (UV20). c) Tratamiento IR1

Respecto al desjugamiento los mejores resultados de manera visual fueron los tratamientos UV20 (luz ultravioleta por 20 minutos), IR1 (radiación infrarroja por 1 minuto) y PCN (película comestible de nopal) (Gráfica 2 e Ilustración 19) los cuales se comportaron mejor que los frutos no tratados para esta variable sin embargo, al realizar el análisis estadístico no se encontró significancia entre los mismos (Anexo II).



Gráfica 2. Desjugamiento de fresas



Ilustración 19. Tratamientos desjugamiento. Pruebas individuales. a) Testigo. b) Tratamiento UV 20 minutos (UV20). c) Tratamiento mucílago nopal (PN) d) Tratamiento irradiación infrarroja por 1 minuto (IR1)

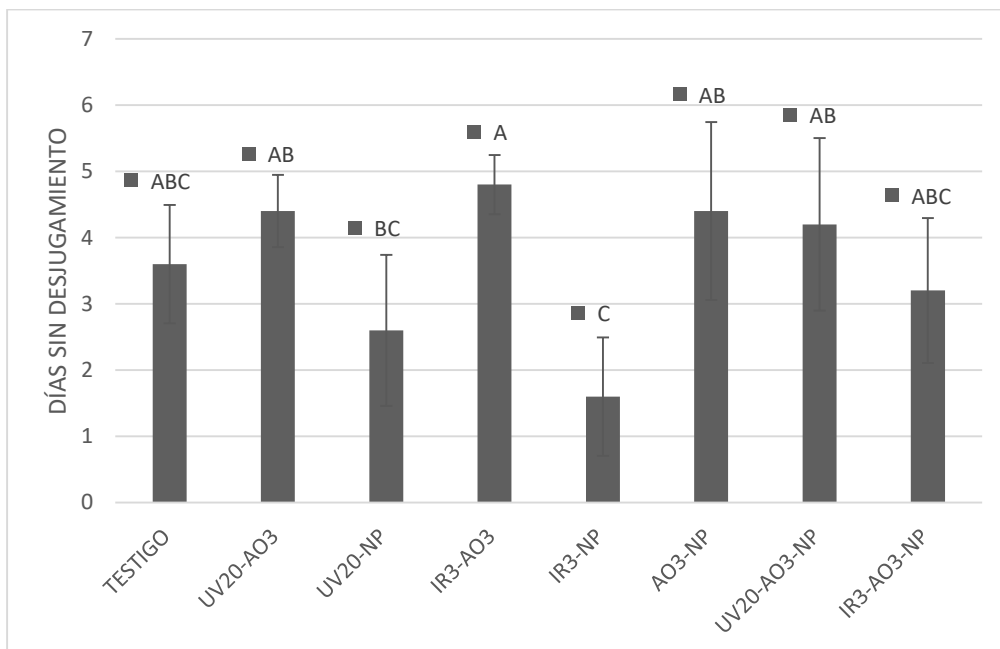
### Pruebas combinadas.

Tomando en cuenta los resultados de las pruebas individuales se seleccionaron los tratamientos observados visualmente considerados más eficientes y se establecieron combinaciones de varias técnicas para probar su efectividad de manera combinada en el mantenimiento de la vida útil de los frutos de fresa tomando como variables de estudio los días que tardaron los frutos en

presentar desjugamiento y crecimiento de hongos de manera visual, grados Brix ( $^{\circ}$ Brix), acidez titulable, firmeza y pérdida de peso; esta corrida experimental se llevó a cabo a dos condiciones de temperatura: temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  (room temperature) y temperatura de refrigeración a  $4^{\circ}\text{C}$ , los resultados obtenidos se describen a continuación.

### Desjugamiento.

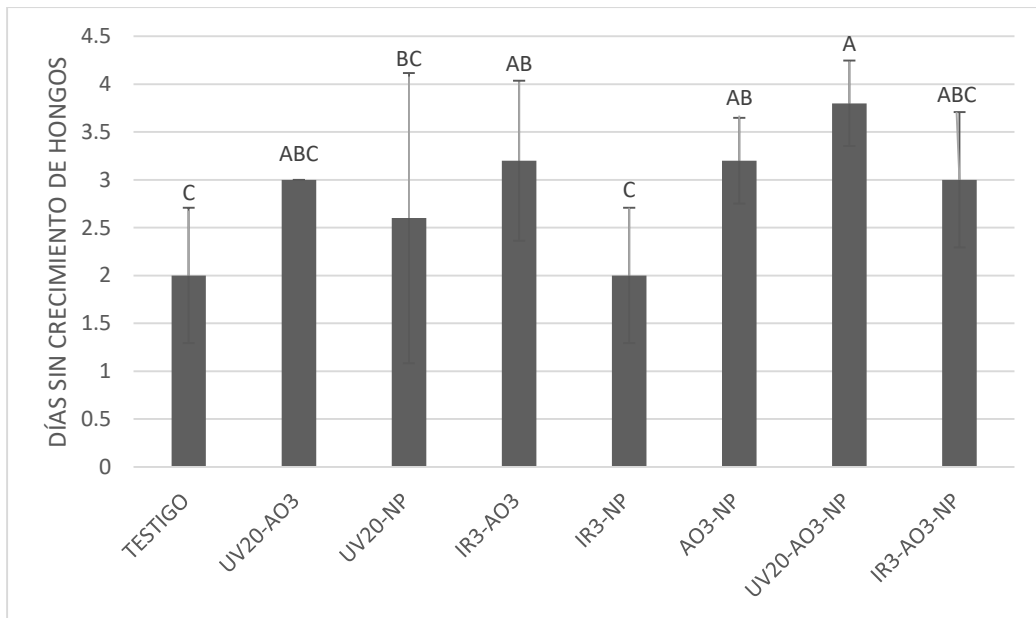
Respecto al escurrimiento a temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  a pesar de que los tratamientos que contenían aceite de orégano (AO) aparentemente tenían un mejor comportamiento las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Anexo II) así mismo se observa que en los tratamientos que no llevaban AO el escurrimiento se presentó muy rápidamente incluso a una velocidad mayor que los frutos testigos (Gráfica 3). Los resultados sugieren que el aceite de orégano puede tener una influencia positiva evitando la deshidratación temprana de los frutos pero probablemente a dosis más altas a las utilizadas en este estudio. Por otra parte, los frutos que se colocaron en refrigeración ( $4^{\circ}\text{C}$ ) se monitorearon durante 21 días sin presentar desjugamiento y sin que exista diferencia estadísticamente significativa (Anexo II).



Gráfica 3. Días sin desjugamiento (temperatura  $25^{\circ}\text{C}$ ).

### Crecimiento de hongos.

En general los todos los frutos tratados a temperatura de 25 °C mostraron un mejor comportamiento que el testigo ya que tardaron más días en desarrollar hongo a excepción del tratamiento IR3-NP que se comportó de manera muy similar a los frutos testigos. Los resultados indican que los tratamientos aplicados contribuyen a evitar la proliferación de hongos en las fresas a pesar de ello el análisis estadístico (Tablas 5 y 6) muestra que los tratamientos IR3-AO3, AO3-NP y UV20-AO3-NP fueron significativamente diferentes al testigo y por lo tanto los más eficientes retrasando el desarrollo de hongos (Ilustración 20) en las fresas hasta por dos días más (Gráfica 4).



Gráfica 4. Crecimiento de hongos a temperatura ambiente.

Tabla 4. Análisis de varianza Crecimiento de hongos a 25°C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	13.50	1.9286	3.15	0.012
<b>ERROR</b>	32	19.60	0.6125		
<b>TOTAL</b>	39	33.10			

Tabla 5. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACIÓN		
UV20-AO3-NP	5	3.800	A		
AO3-NP	5	3.200	A	B	
IR3-AO3	5	3.200	A	B	
IR3-AO3-NP	5	3.000	A	B	C
UV20-AO3	5	3.000	A	B	C
UV20-NP	5	2.600		B	C
IR3-NP	5	2.000			C
TESTIGO	5	2.000			C

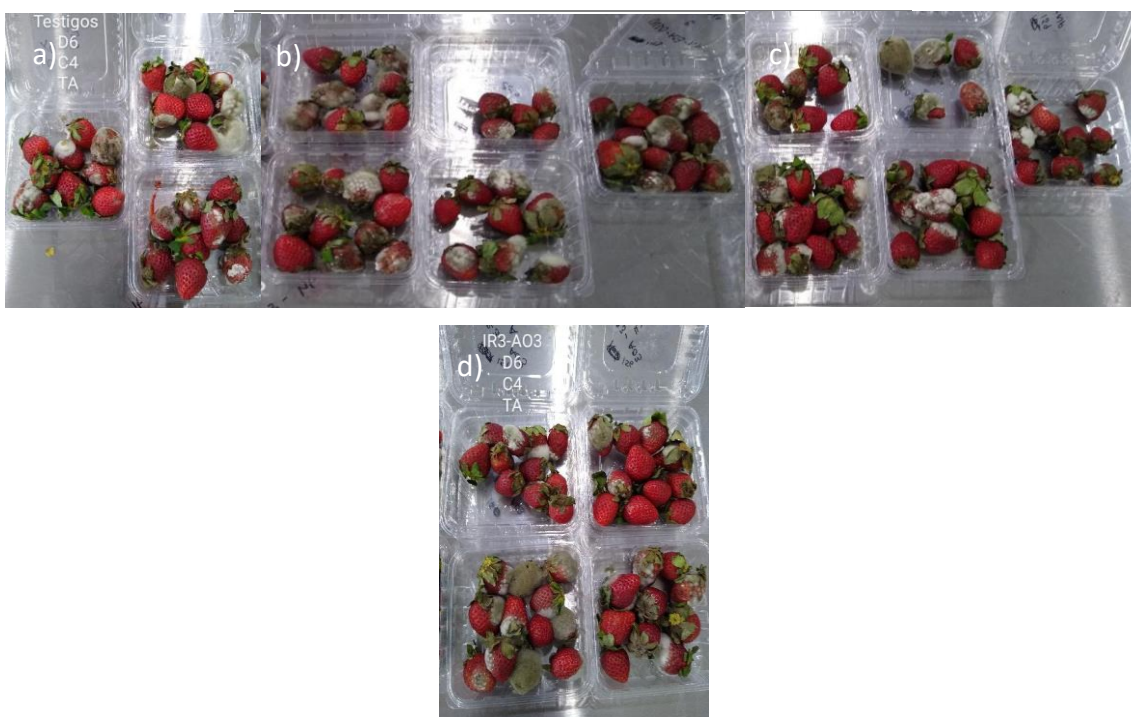
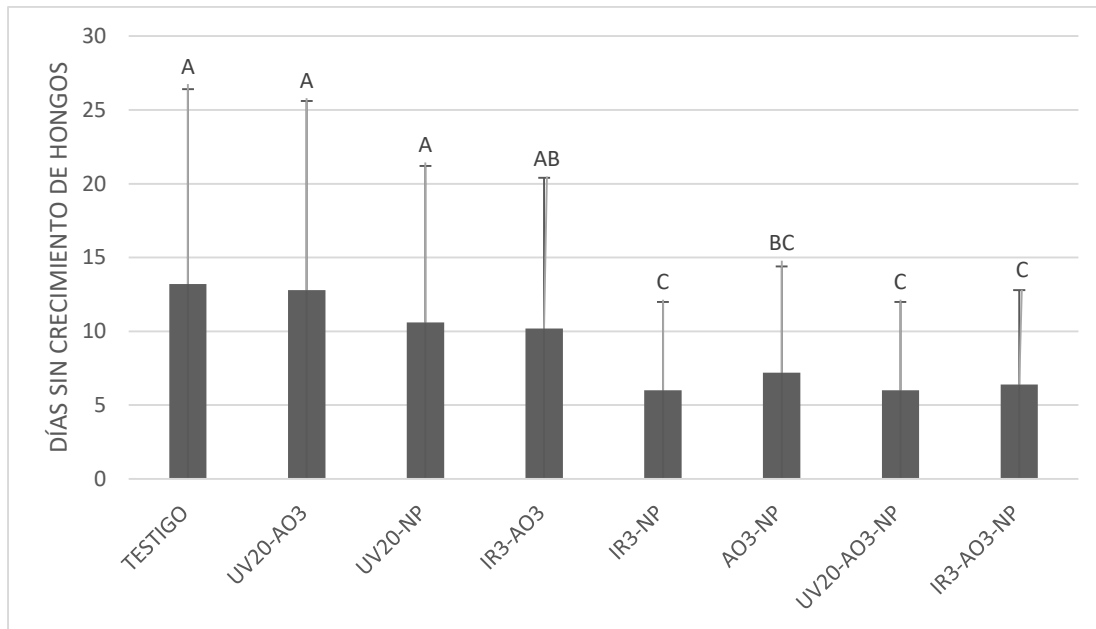


Ilustración 20. Tratamientos para evitar el crecimiento de hongos. Pruebas combinadas. a) Testigo. b) Tratamiento UV 20 minutos + AO 3% + Película Nopal (UV20-AO3-NP). c) Tratamiento AO 3% + Película Nopal (AO3-NP). d) Tratamiento irradiación infrarroja por 3 minutos + AO 3% (IR3-AO3).

Contrariamente a lo observado a temperatura ambiente las frutas tratadas que se almacenaron a temperatura de refrigeración (4 °C) mostraron un comportamiento muy variable y en general

una aparición de hongos más temprana que las frutas testigo (Gráfica 5) estadísticamente existen diferencia significativa (Tablas 7 y 8). En todos los tratamientos excepto los frutos testigos se desarrolló tempranamente la proliferación de hongo.



Gráfica 5. Crecimiento de hongos a temperatura de refrigeración.

Tabla 6. Análisis de varianza Crecimiento de hongos a 4°C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	320.3	45.757	7.34	0.000
<b>ERROR</b>	32	199.6	6.238		
<b>TOTAL</b>	39	519.9			

Tabla 7. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

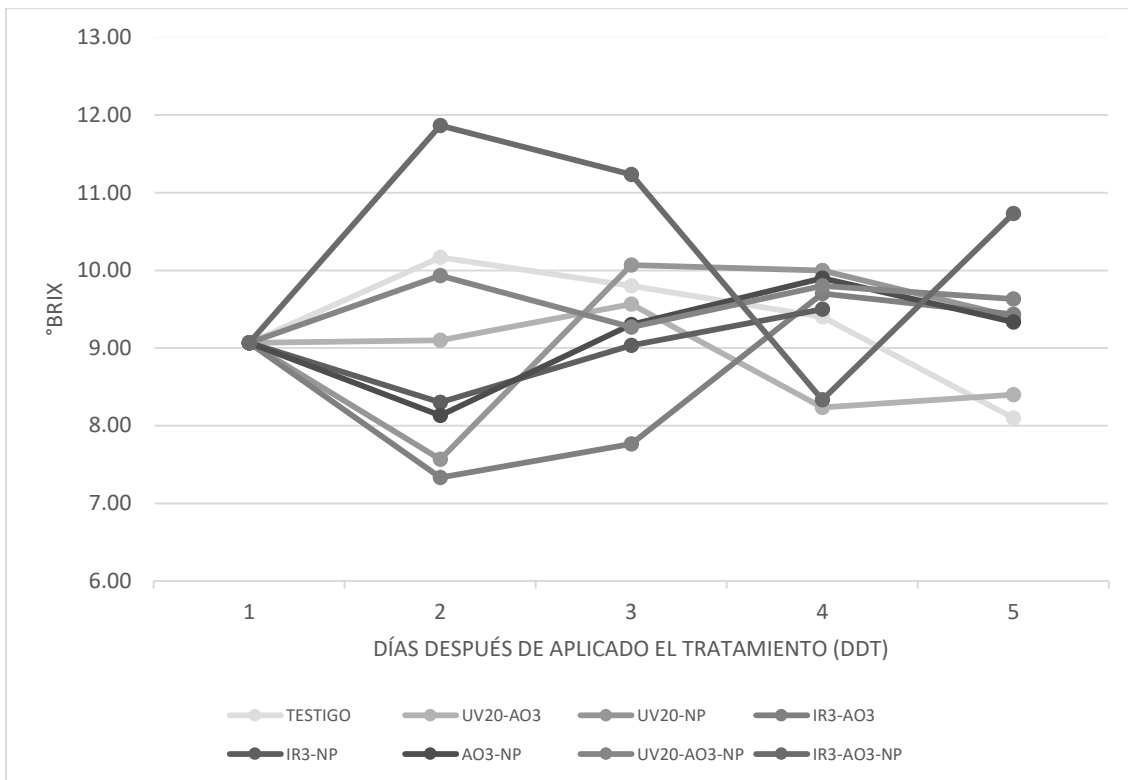
<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>TESTIGO</b>	5	13.20	A
<b>UV20-AO3</b>	5	12.80	A
<b>UV20-NP</b>	5	10.60	A



<b>IR3-AO3</b>	5	10.20	A	B
<b>AO3-NP</b>	5	7.200		B C
<b>IR3-AO3-NP</b>	5	6.400		C
<b>UV20-AO3-NP</b>	5	6.000		C
<b>IR3-NP</b>	5	6.000		C

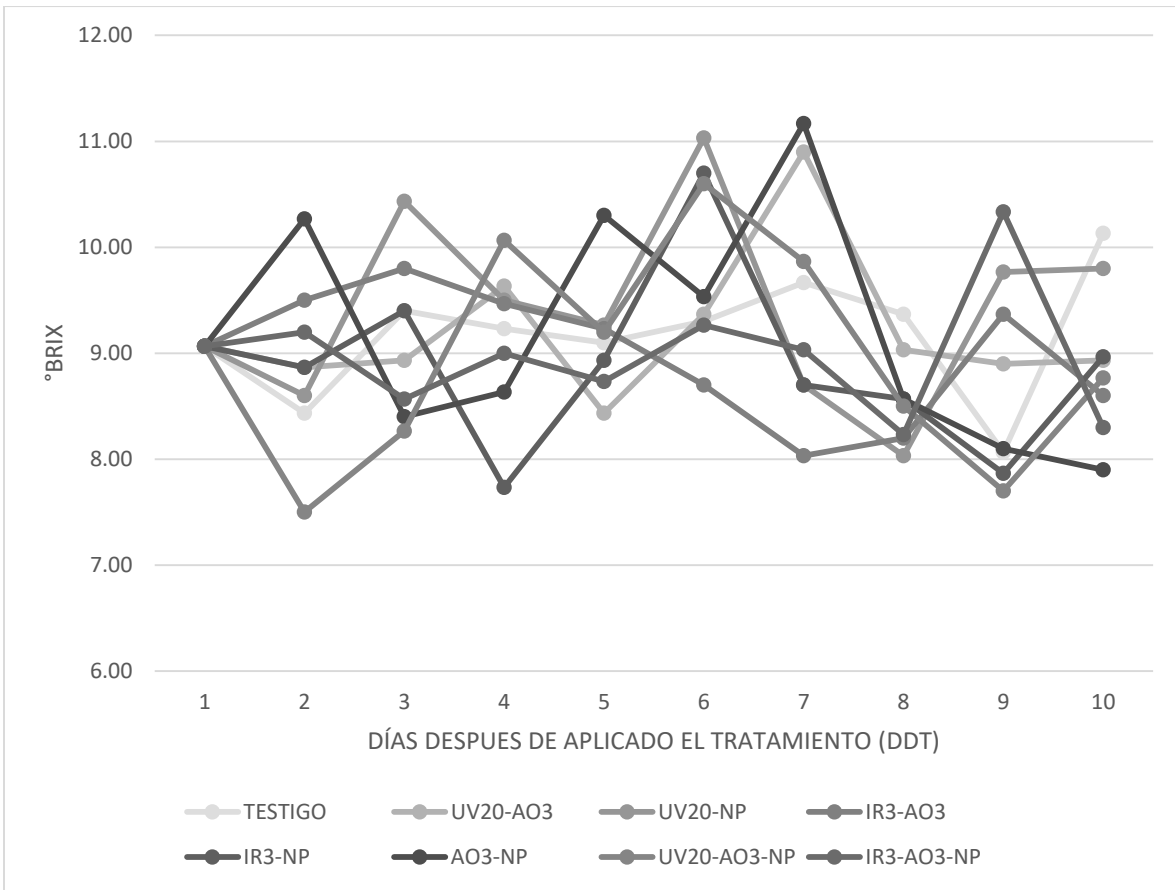
### **Grados Brix (°Brix).**

Los frutos tratados a temperatura de 25°C se comportaron de manera similar al testigo a excepción del tratamiento IR3-AO3-NP el cual muestra una tendencia de un aumento de grados Brix (Gráfica 6) que pudiera indicar una alta actividad enzimática en esos frutos y posiblemente un deterioro más acelerado sin embargo el análisis de varianza realizado no arroja diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo II) cabe mencionar que los tratamientos UV20-NP, AO3-NP, IR3-NP, UV20-AO3 e IR3-AO3 mostraron valores por debajo del testigo lo que sugiere que estos pudieran favorecer con respecto a esta variable.



Gráfica 6. Comportamiento de grados Brix a temperatura ambiente.

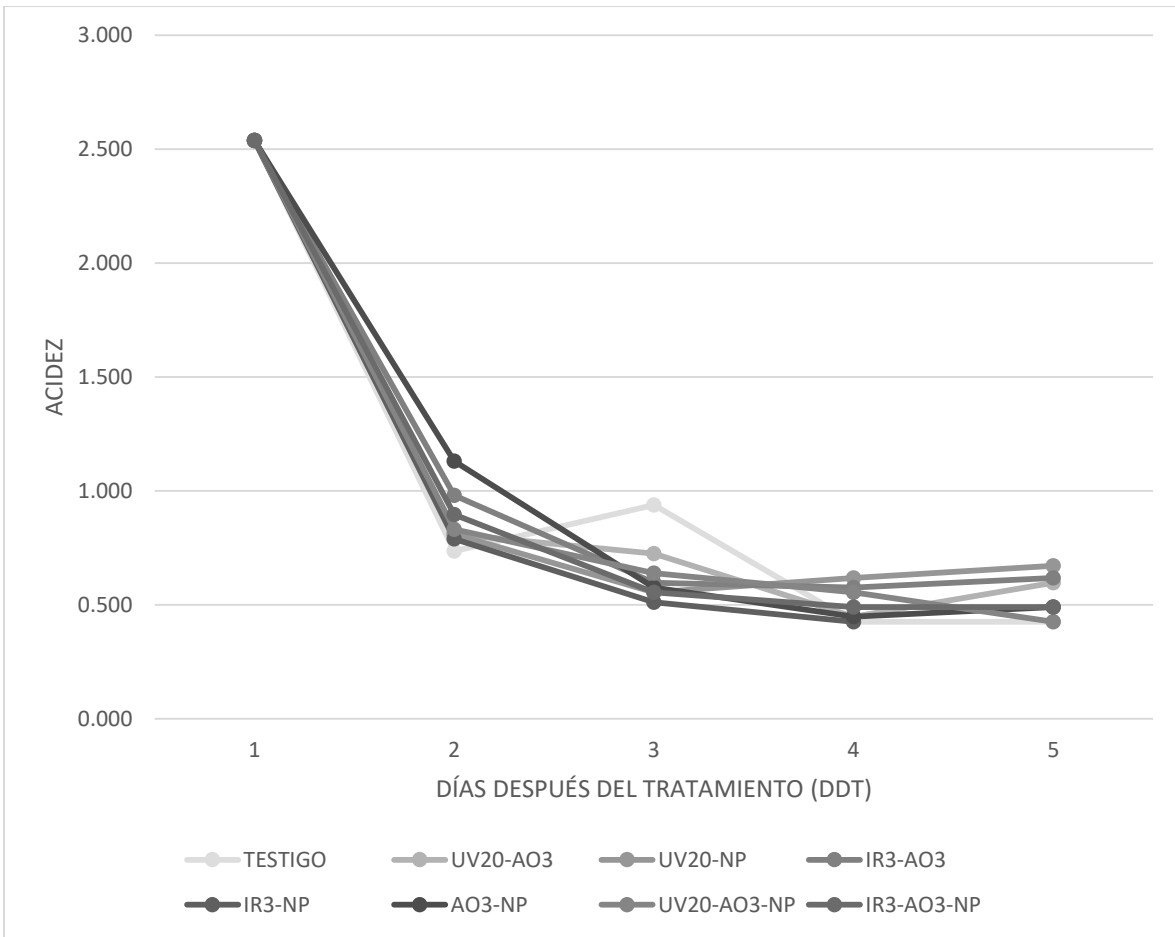
En el caso de los frutos que se sometieron a refrigeración el comportamiento de los grados Brix a través del tiempo fue muy similar en todos los tratamientos y el testigo; es probable que esto se deba a que en temperaturas bajas la actividad enzimática del fruto disminuye (Gráfica 7). El análisis estadístico no arrojó diferencias significativas (Anexo II).



Gráfica 7. Comportamiento de °Brix en fresas a temperatura de refrigeración.

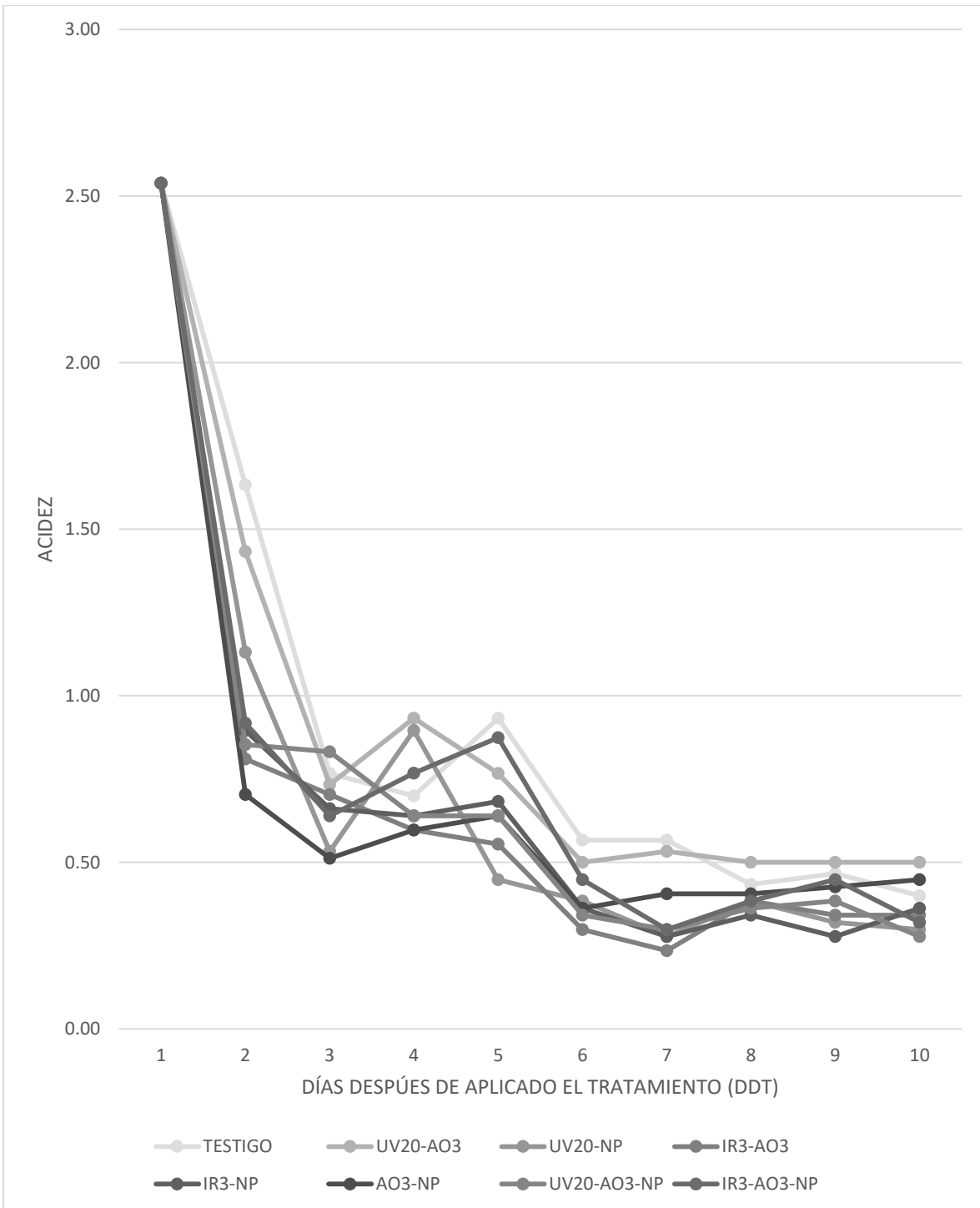
### Acidez titulable.

La acidez titulable de los frutos colocados a temperatura de 25 °C como es de esperarse fue disminuyendo con el paso de los días tanto en los frutos tratados como los testigos, sin embargo, al final de los 5 días durante los cuales se llevó el monitoreo, la acidez de los frutos testigos fue la que presentó un valor menor sugiriendo con ello una actividad enzimática mayor que en los frutos tratados (Gráfica 8) aunque el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas (Anexo II).



Gráfica 8. Comportamiento de la acidez en fresas a temperatura ambiente.

En los frutos refrigerados se observó un comportamiento muy similar en esta variable a los frutos que se mantuvieron a temperatura ambiente con un descenso de la acidez titulable muy marcado en los primeros días y un poco más estable conforme fue transcurriendo el tiempo (Gráfica 9), sin embargo, las diferencias no son estadísticamente significativas (Anexo II).

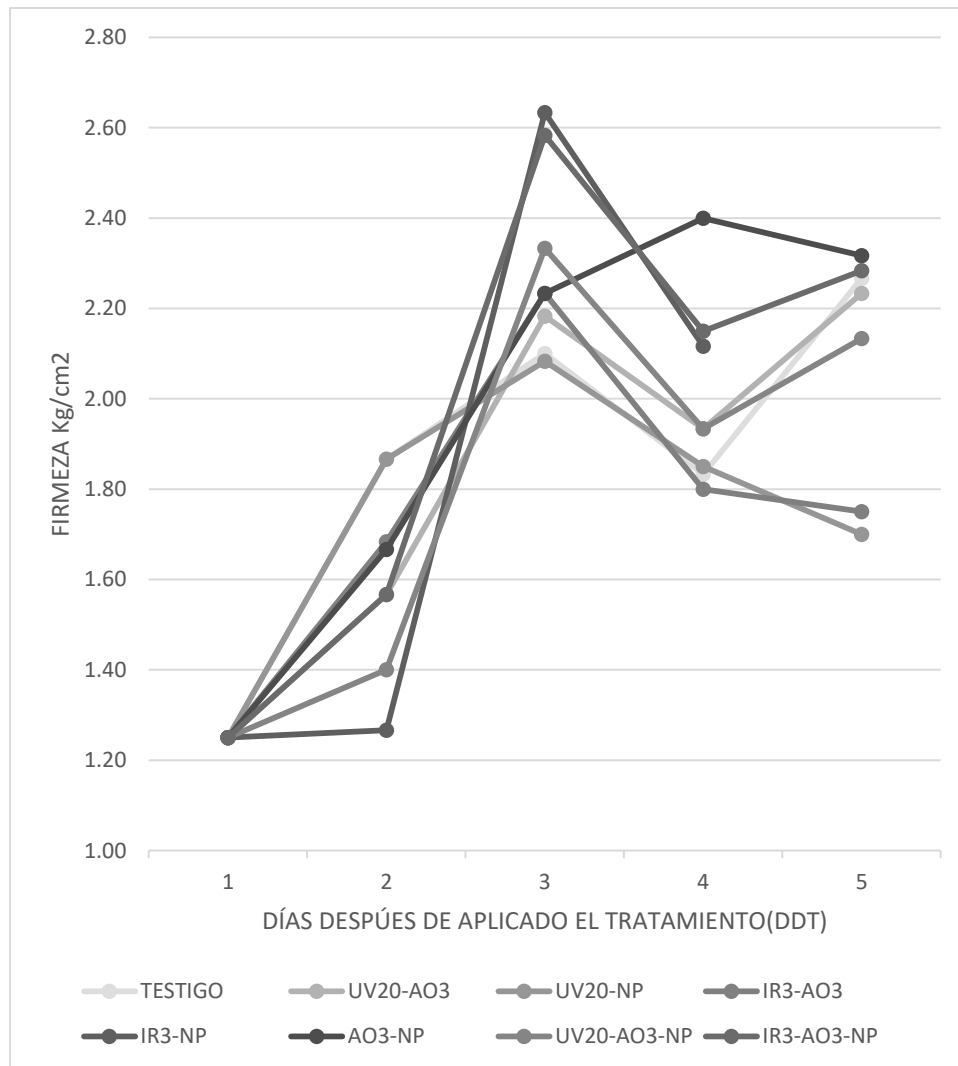


Gráfica 9. Comportamiento de la acidez en fresas a temperatura de refrigeración.

**Firmeza.**

Los frutos de los tratamientos a temperatura ambiente se comportaron de manera muy similar a los frutos testigo lo que indica que los tratamientos aplicados no influyen de manera significativa en la firmeza del fruto. A pesar de ello (Gráfica 10) se observa que a los 2 días de haber aplicado

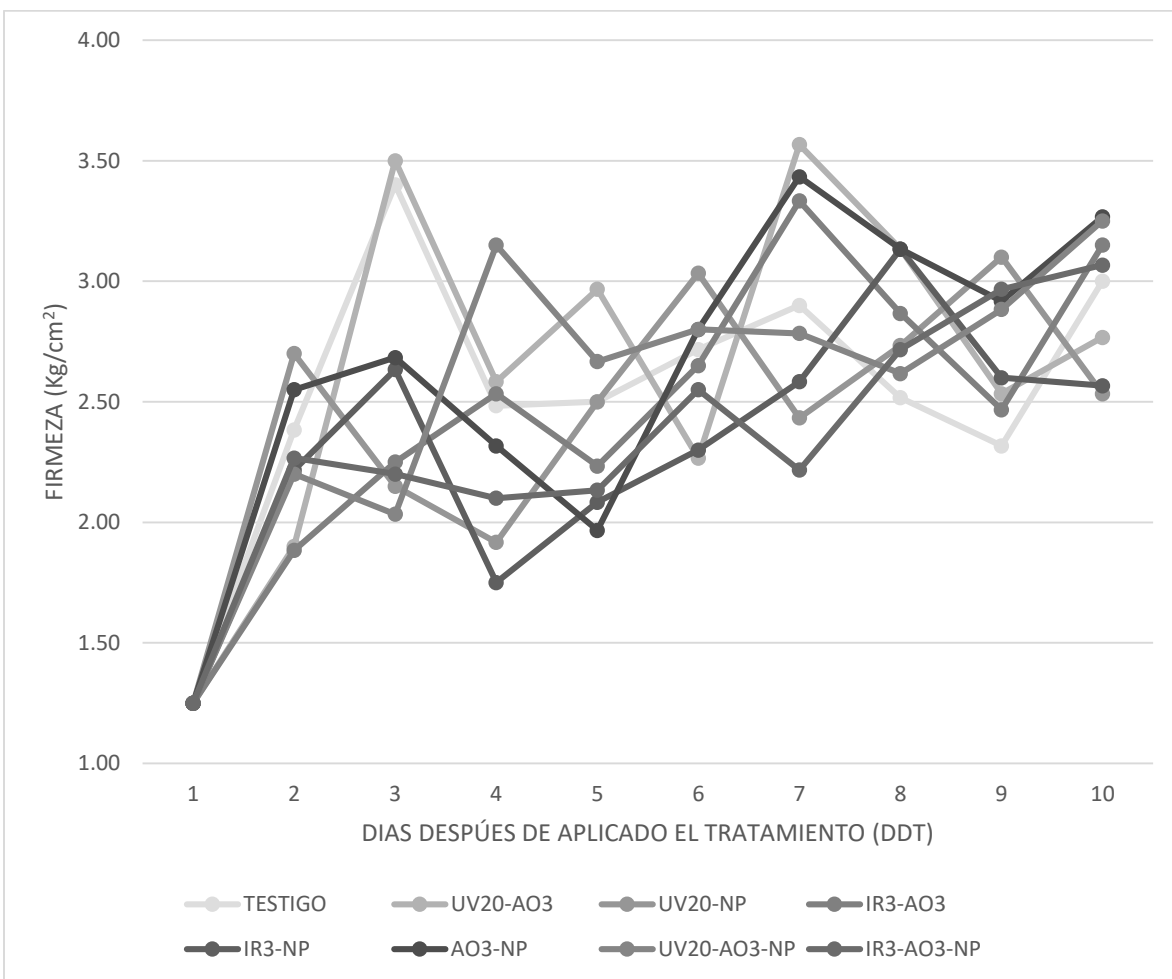
los tratamientos los frutos sometidos a ellos en su mayoría presentaban una mayor firmeza la cual continuó aumentando en el día 3 destacando los tratamientos: IR3-NP e IR3-AO3-NP los cuales conservaron una mayor firmeza que los frutos testigos hasta el día 5. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas (Anexo II).



Gráfica 10. Comportamiento de la firmeza en fresas a temperatura ambiente.

La firmeza de los frutos tratados y almacenados a temperatura de refrigeración fue muy variable la Gráfica 11 muestra que los frutos testigos presentaron un aumento en su firmeza hasta el día 3 y posteriormente un decremento, por el contrario, los fresas que se sometieron a los tratamientos UV20-AO3, AO3-NP y IR3-AO3 mostraron buena firmeza el día 7. Para el día 9 todos los frutos que recibieron un tratamiento tenían una firmeza mayor que los frutos testigos.

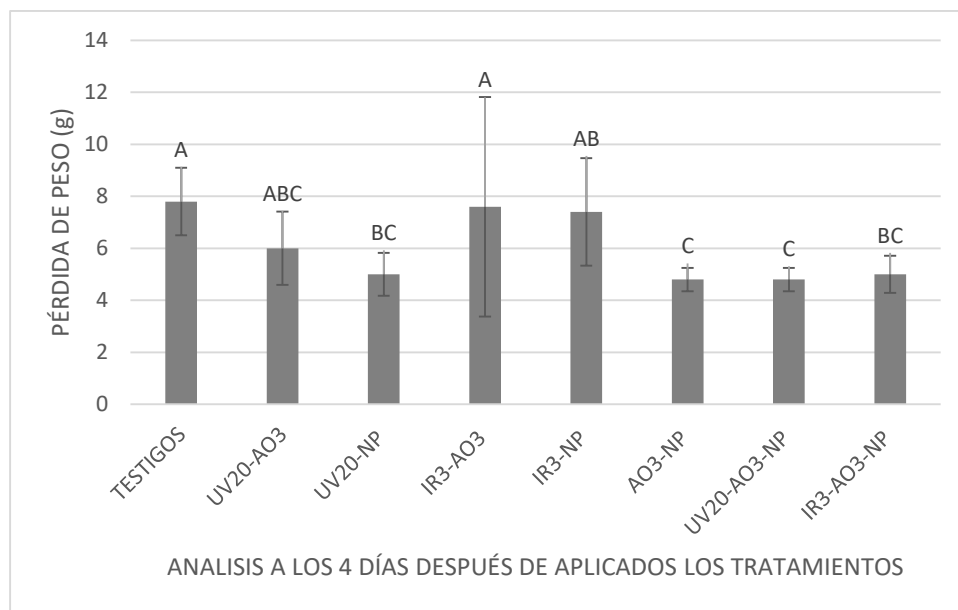
Cabe señalar también el comportamiento de la firmeza en los frutos tratados con UV20-AO3-NP y IR3-AO3-NP en los cuales la firmeza se fue incrementando con el paso de los días siendo superior al testigo después de 10 días de iniciado el experimento. El análisis estadístico realizado no mostró diferencia significativa (Anexo II). Es importante mencionar que la variabilidad en los resultados pudo deberse a los diferentes grados de madurez que presentaba la fruta ya que esta condición no fue en todos los casos homogénea a pesar de ello los resultados sugieren que el AO puede tener una influencia en la firmeza debido a que los tratamientos que lo contienen fueron los más favorables en esta variable.



Gráfica 11. Comportamiento de la firmeza en fresas a temperatura de refrigeración.

## Pérdida de peso.

Se analizó la variación de peso en los clamshells durante 5 días y se observó que un día después de que comenzó el experimento, los clamshells sin tratamiento fueron los que mostraron mayor pérdida de peso en comparación a los que sí fueron tratados, estas diferencias se muestran más a detalle en la Gráfica 12 y se analizaron estadísticamente, siendo estas significativas para los tratamientos AO3-NP, UV20-NP, UV20-AO3-NP e IR3-AO3-NP (Tablas 9 y 10). El resto de los días en que se realizó el monitoreo, la pérdida de peso se comportó de manera semejante en todos los clamshells, mostrando pérdidas de peso constantes hasta el día 4 a partir del cual se disparó la pérdida de peso en todos los casos (Gráfica 13). Es importante notar que los clamshells que mostraron menor pérdida de peso fueron en su mayoría los que contenían nopal (Ilustración 21), lo cual es un indicio de que este recubrimiento puede estar jugando un papel importante en evitar la pérdida de peso en los frutos por deshidratación. Por otro lado, los tratamientos en lo que se utilizó radiación infrarroja, muestran un comportamiento similar al testigo, esto sugiere que la radiación infrarroja no ayuda a evitar la deshidratación de los frutos.



Gráfica 12. Comportamiento de la pérdida de peso (g) a temperatura ambiente.

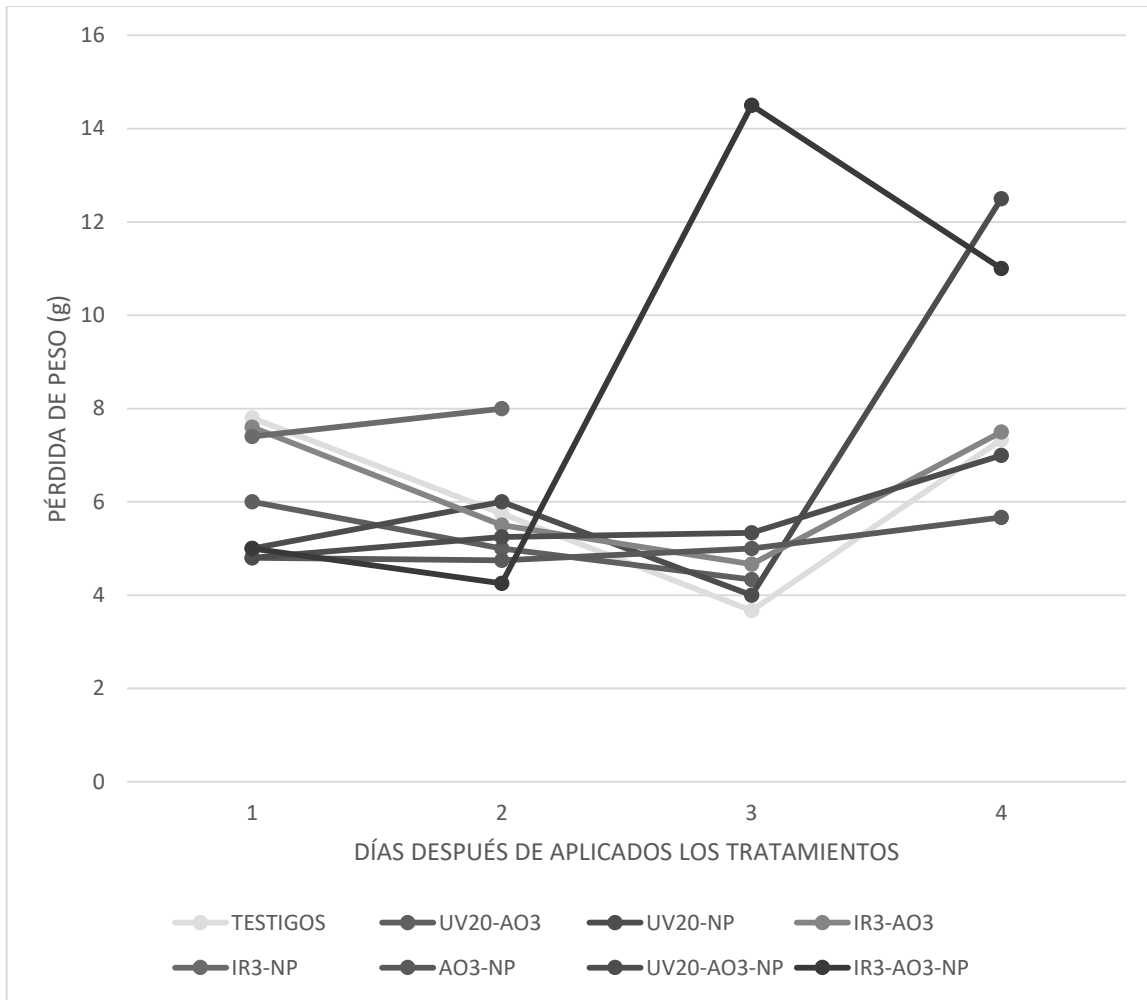


Tabla 8. Análisis de varianza pérdida de peso a 25°C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	61.97	8.853	2.52	0.036
<b>ERROR</b>	31	108.80	3.510		
<b>TOTAL</b>	38	170.77			

Tabla 9. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>TESTIGO</b>	5	7.800	A
<b>IR3-AO3</b>	5	7.60	A
<b>IR3-NP</b>	5	7.400	A B
<b>UV20-AO3</b>	5	6.000	A B C
<b>IR3-AO3-NP</b>	5	5.000	B C
<b>UV20-NP</b>	4	5.000	B C
<b>UV20-AO3-NP</b>	5	4.800	C
<b>AO3-NP</b>	5	4.800	C

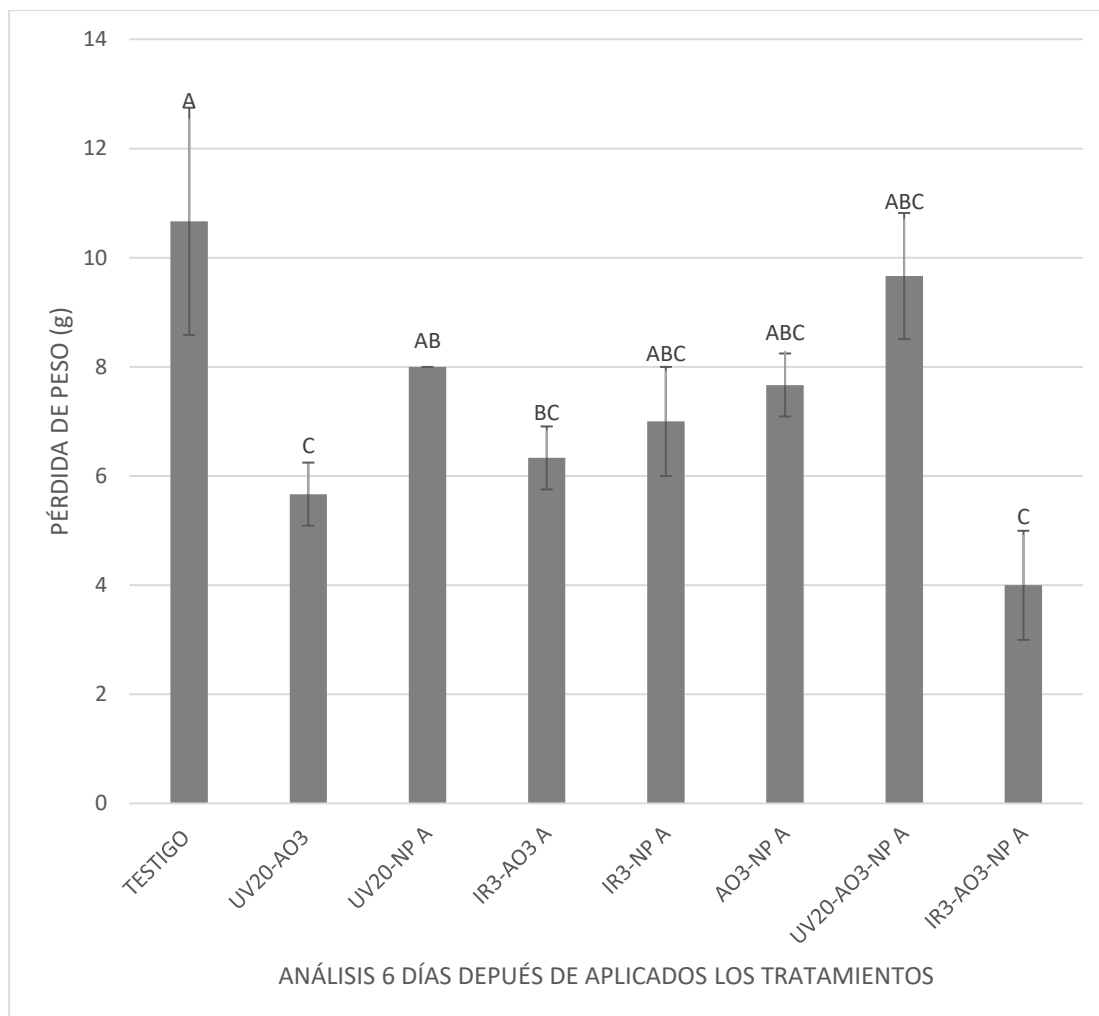


Gráfica 13. Análisis de los tratamientos respecto a la pérdida de peso (g) a temperatura ambiente.



Ilustración 21. Tratamientos para evitar pérdida de peso a 25 °C. a) Testigo. b) Tratamiento IR 3 minutos + AO 3% + Película Nopal (IR3-AO3-NP). c) Tratamiento UV 20 minutos + AO 3% + Película nopal (UV20-AO3-NP). d) Tratamiento irradiación infrarroja por 3 minutos + AO 3% (IR3-AO3) e) Tratamiento UV 20 minutos + Película Nopal (UV20-NP).

Se analizó la pérdida de peso de los clamshells de los frutos tratados a temperatura de refrigeración durante los primeros 6 días después de aplicados los tratamientos (Gráfica 14), los clamshells que no fueron tratados (testigos) perdieron en promedio 10.66 gramos mientras que los clamshells que contenían los frutos con los diferentes tratamientos mostraron una pérdida menor de peso durante los primeros 6 días después de aplicados los tratamientos, lo que indica que los tratamientos evitan la rápida deshidratación del fruto (Gráfica 15), según el análisis estadístico realizado se encontró que las diferencias observadas son estadísticamente significativas (Tablas 11 y 12) para los tratamientos IR3-AO3, UV20-AO3 e IR3-AO3-NP respecto al testigo.



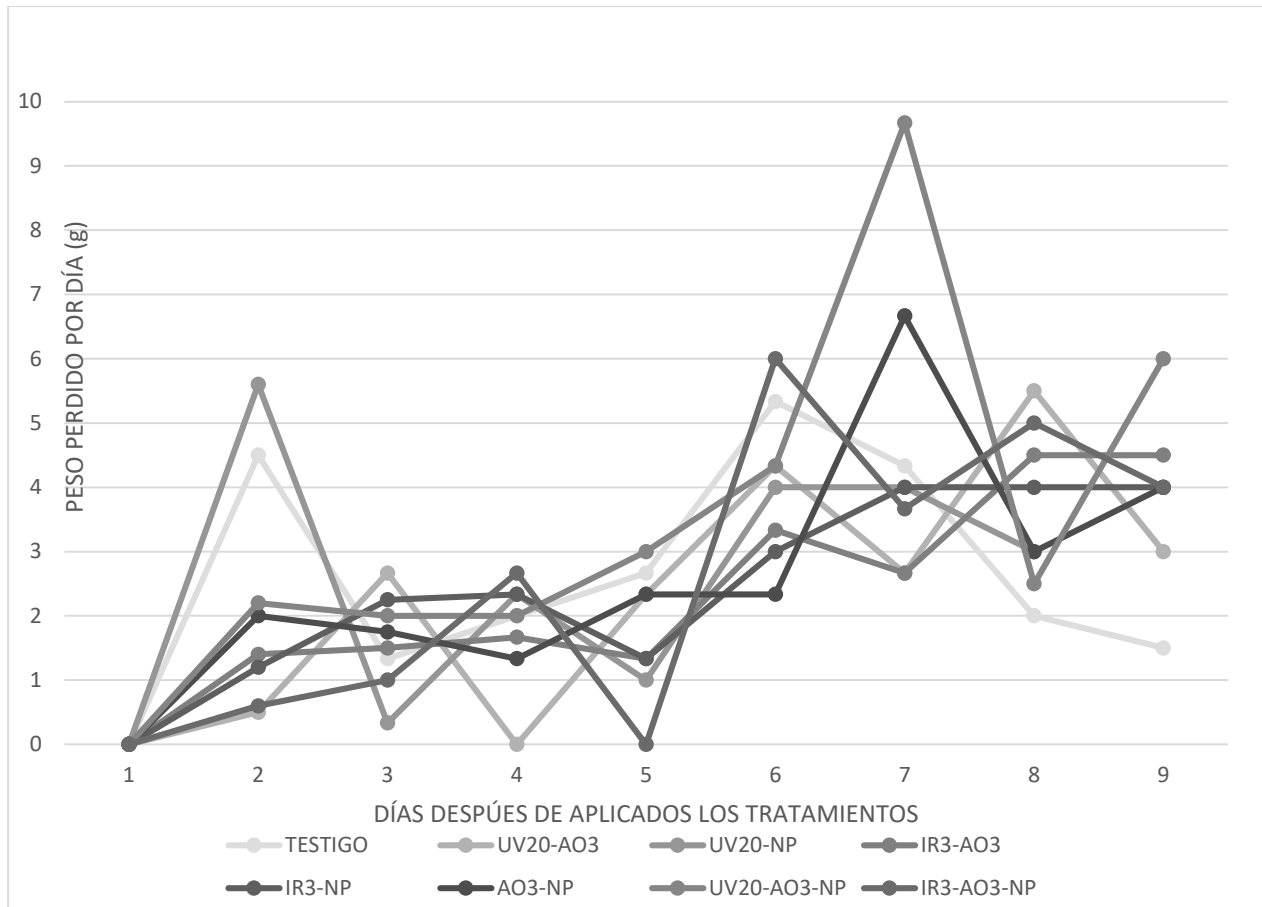
Gráfica 14. Comportamiento de la pérdida de peso (g) en frutos en refrigeración.

Tabla 10. Análisis de varianza pérdida de peso a 4 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
		<b>AJUST.</b>	<b>AJUST.</b>		
<b>FACTOR</b>	7	31.92	4.560	1.63	0.136
<b>ERROR</b>	102	285.98	2.804		
<b>TOTAL</b>	109	317.90			

Tabla 11. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>		
<b>TESTIGO</b>	13	2.769	A		
<b>UV20-NP</b>	15	2.667	A	B	
<b>UV20-AO3-NP</b>	12	2.083	A	B	C
<b>AO3-NP</b>	15	1.867	A	B	C
<b>IR3-NP</b>	15	1.733	A	B	C
<b>IR3-AO3</b>	15	1.467		B	C
<b>UV20-AO3</b>	13	1.308			C
<b>IR3-AO3-NP</b>	12	1.250			C



Gráfica 15. Comportamiento de la pérdida de peso de los tratamientos a temperatura de refrigeración.

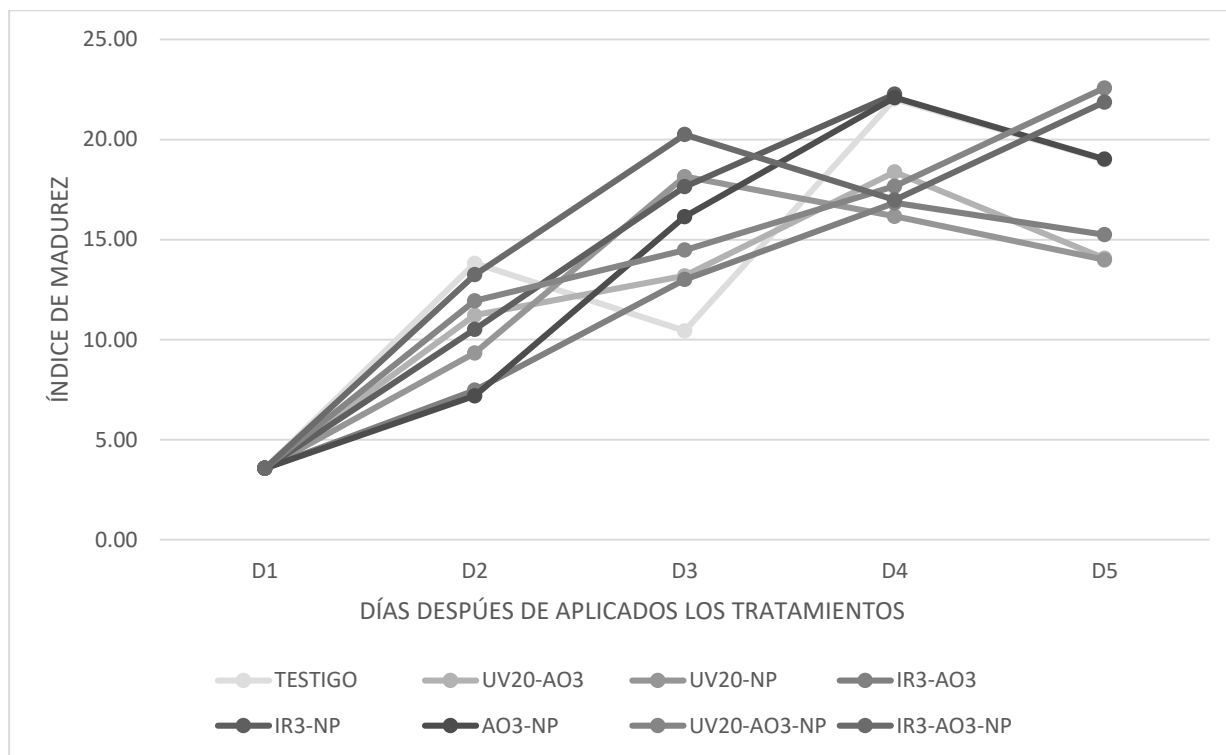


Ilustración 22. Tratamientos para evitar pérdida de peso a temperatura de refrigeración. a) Testigo. b) Tratamiento UV 20 minutos + AO 3% (UV20-AO3). c) Tratamiento IR 3 minutos + AO 3% (IR3-AO3). d) Tratamiento IR 3 minutos + AO 3% + Película Nopal (IR3-AO3-NP).

### Índice de maduración.

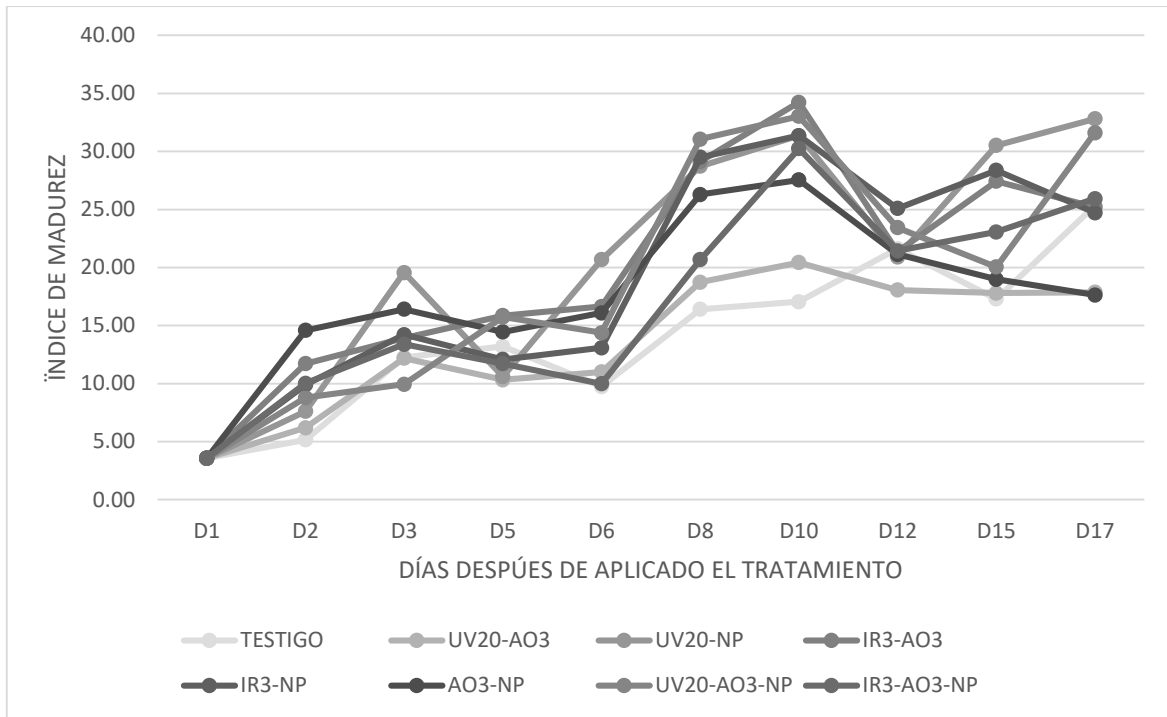
Respecto al índice de maduración en los tratamientos a temperatura ambiente se observó que mantuvieron un comportamiento variado esto puede deberse a que los frutos que se eligieron para el análisis mostraban diferentes estados de maduración (Gráfica 16) y al llevar a cabo el

análisis estadístico no arrojó resultados significativos (ANEXO II) sin embargo es importante mencionar que los tratamientos UV20-AO3, UV20-NP, UV20-AO3-NP, IR3-AO3 e IR3-AO3-NP mostraron un valor inferior de índice de madurez que los frutos testigo a los 4 días después de aplicados los tratamientos lo que puede decirse que estos ayudan a disminuir la actividad enzimática que provoca la maduración en las fresas y ayuda a prolongar la vida de anaquel.



Gráfica 16. Índice de madurez en fresas a temperatura ambiente.

Al analizar el índice de maduración en las fresas sometidas a temperatura de refrigeración se observó que los tratamientos tienen un valor mayor que en los frutos testigo (Gráfica 17) y al realizar el análisis estadístico no arrojó resultados significativos (ANEXO II) , sin embargo es importante mencionar que el tratamiento UV20-AO3 mostró un valor inferior de índice de madurez a los 12 y 17 días después de aplicados los tratamientos que los frutos testigo favoreciendo la inactividad enzimática y prolongando la vida útil de los frutos tratados.



Gráfica 17. Comportamiento de los frutos respecto al índice de madurez a temperatura de refrigeración.

### Corrida 5.

Analizando los resultados de las pruebas combinadas se llevó a cabo otra corrida con los tratamientos combinados más eficientes en el mantenimiento de la vida útil de los frutos de fresa (Variedad Yunuen) tomando como variables de estudio los días que tardaron los frutos en presentar rechazos, grados Brix ( $^{\circ}$ Brix), acidez titulable, firmeza y pérdida de peso; esta corrida experimental se llevó a cabo con 40 frutos por tratamiento que se dispusieron en charolas a temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  (room temperature) y 5 frutos en clamshell para monitoreo de peso, los resultados obtenidos se describen a continuación.

### Rechazos.

Se tomaron en cuenta como rechazos todos aquellos frutos que a simple vista presentaron escurrimiento, crecimiento de hongos y otras características como marchitamiento, pérdida de color o malformación. Sin embargo, los rechazos sobresalientes en esta investigación son el crecimiento de hongo y el desjugamiento.

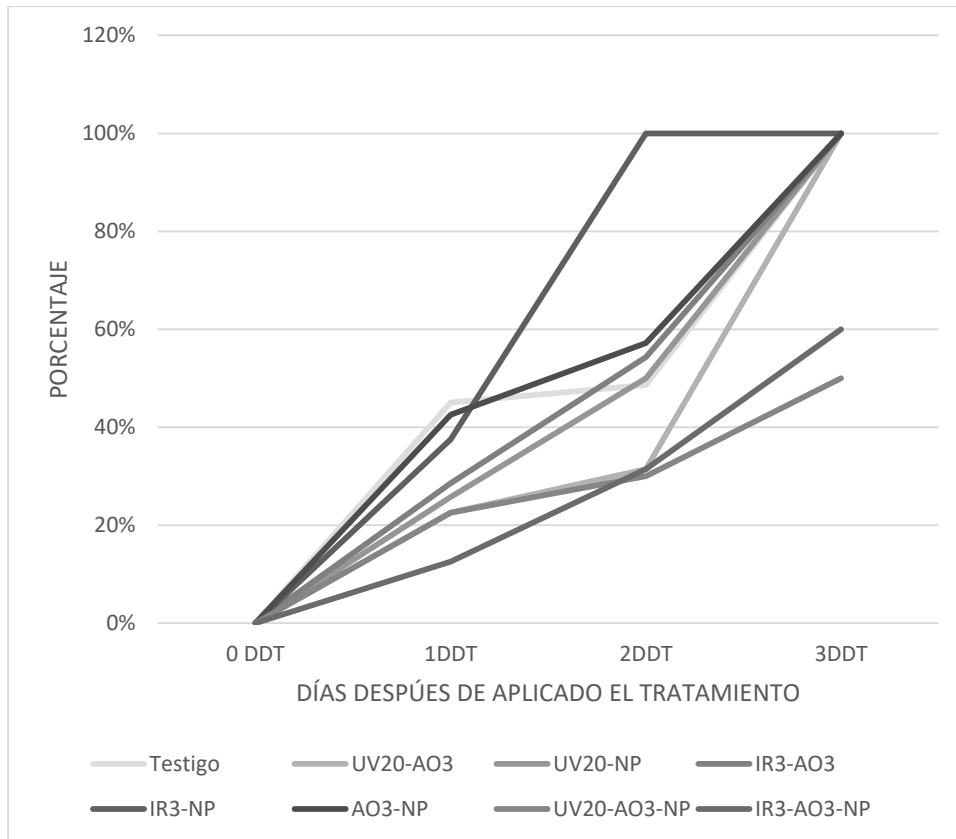


### **Crecimiento de hongos.**

Respecto al crecimiento de hongos en los frutos de fresa se puede observar en la Tabla 13 y Gráfica 18 que todos los tratamientos a un día después de aplicado el tratamiento (1DDT) presentaron un mejor comportamiento que los frutos testigos, a dos días de aplicado el tratamiento (2DDT) los tratamientos UV20-AO3, UV20-AO3-NP y IR3-AO3-NP presentaban menor porcentaje de desarrollo de hongos que los testigos y para el último día (3DDT) los tratamientos UV20-AO3-NP y IR3-AO3-NP presentaban menor incidencia de hongos que los frutos testigos, lo que indican que ambos tratamientos al contener aceite de orégano y mucílago de nopal contribuyen a evitar la proliferación de hongos.

Tabla 12. Porcentaje de rechazos por crecimiento de hongos.

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>0DDT</b>	<b>1DDT</b>	<b>2DDT</b>	<b>3DDT</b>
TESTIGO	0%	45%	49%	100%
UV20-AO3	0%	23%	31%	100%
UV20-NP	0%	26%	50%	100%
IR3-AO3	0%	29%	54%	100%
IR3-NP	0%	38%	100%	100%
AO3-NP	0%	43%	57%	100%
UV20-AO3-NP	0%	23%	30%	50%
IR3-AO3-NP	0%	13%	31%	60%



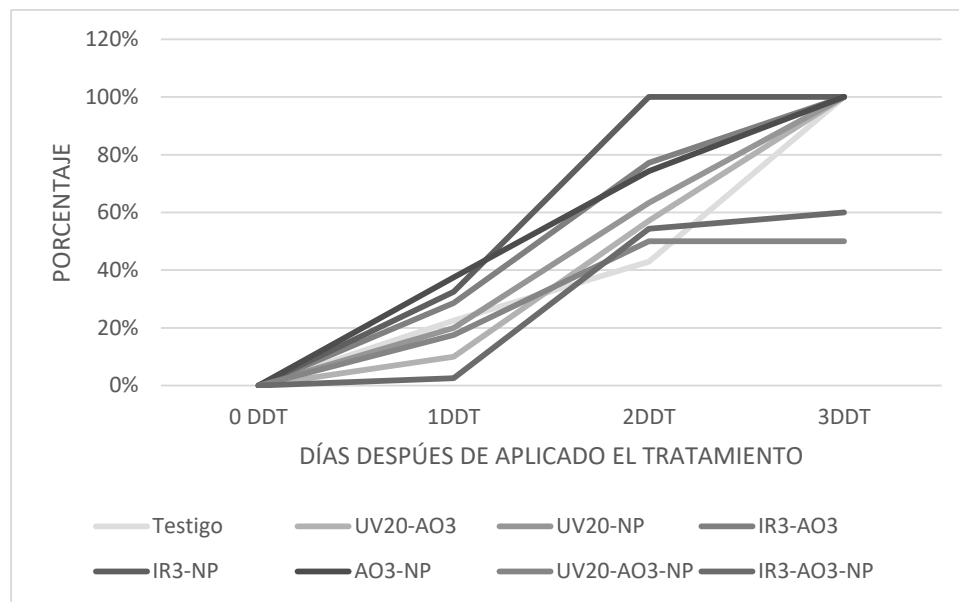
Gráfica 18. Comportamiento del porcentaje del crecimiento de hongos en frutos de fresa.

### Desjugamiento.

Respecto al escurrimiento a temperatura de 25°C se pudo observar que los tratamientos UV20-AO3, AO3-NP, UV20-AO3-NP y IR3-AO3-NP los cuales contenían aceite de orégano (AO) aparentemente tenían un mejor comportamiento que los frutos testigos al 1DDT, sin embargo 2DDT ningún tratamiento fue mejor que los testigos pero para el ultimo día (3DDT) los tratamientos UV20-AO3-NP y IR3-AO3-NP presentaron una menor incidencia de desjugamiento que los frutos testigos como se puede observar en la Tabla 14 y Gráfica 19. Los resultados sugieren que el aceite de orégano combinado con otros tratamientos puede tener una influencia positiva evitando la deshidratación temprana de los frutos.

Tabla 13. Porcentajes de desjugamiento en los frutos de fresa.

TRATAMIENTOS	0DDT	1DDT	2DDT	3DDT
TESTIGO	0%	23%	43%	100%
UV20-AO3	0%	10%	57%	100%
UV20-NP	0%	20%	63%	100%
IR3-AO3	0%	29%	77%	100%
IR3-NP	0%	33%	100%	100%
AO3-NP	0%	38%	74%	100%
UV20-AO3-NP	0%	18%	50%	50%
IR3-AO3-NP	0%	3%	54%	60%



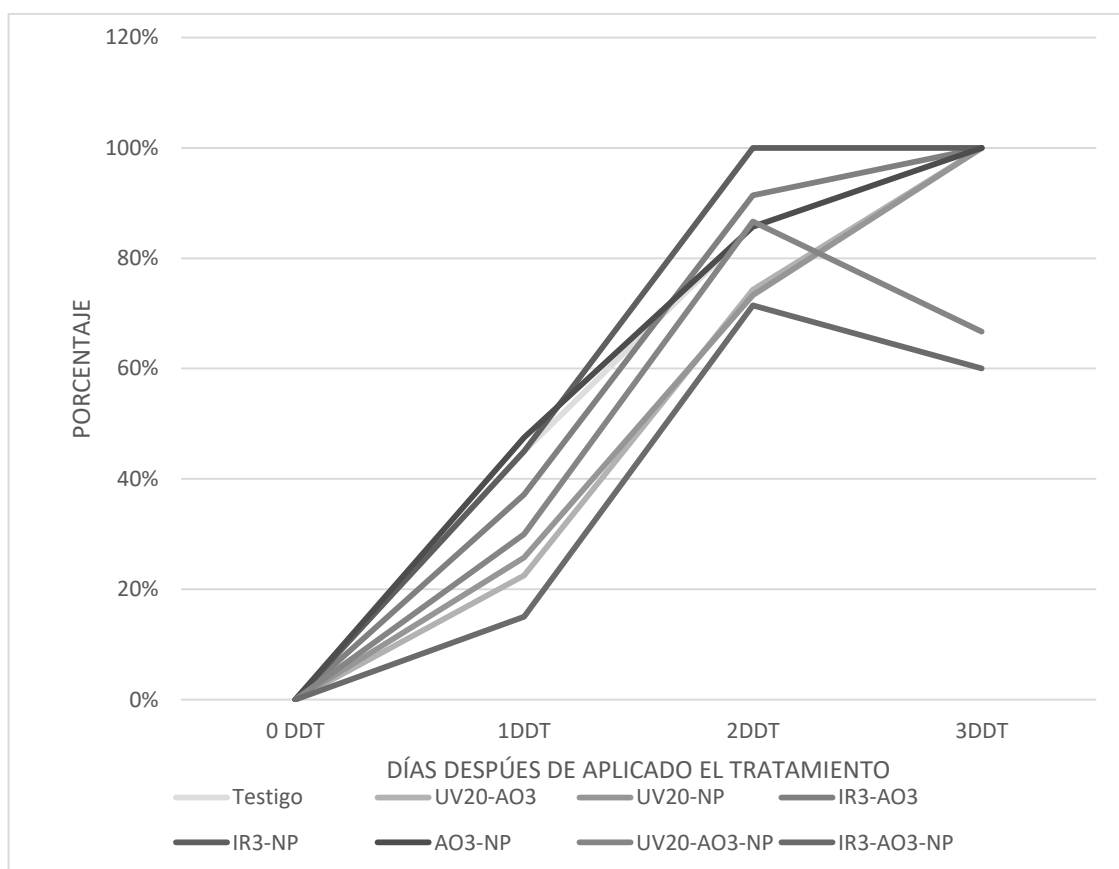
Gráfica 19. Comportamiento del porcentaje de desjugamiento de fresas.

### Rechazos totales.

Respecto al análisis general de los rechazos totales de frutos en los tratamientos aplicados se puede observar que el tratamiento UV20-NP presentó un comportamiento muy similar al testigo y los tratamientos que presentaron menor incidencia de rechazos fueron los tratamientos que combinaron tres técnicas UV20-AO3-NP y IR3-AO3-NP dando un mejor comportamiento respecto a los frutos testigo como se puede ver en la Tabla 15 y Gráfica 20.

Tabla 14. Porcentaje de rechazos totales en los frutos de fresa.

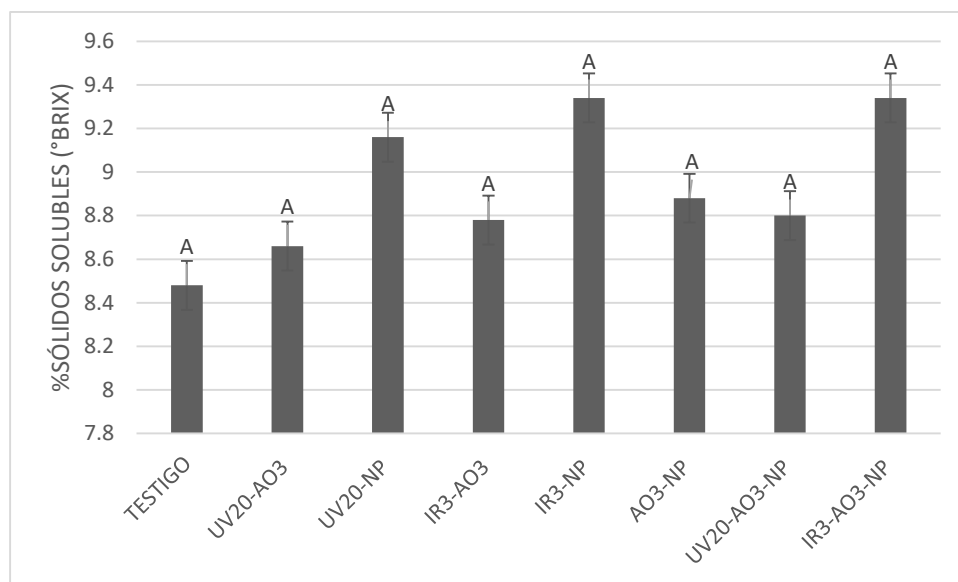
TRATAMIENTOS	0DDT	1DDT	2DDT	3DDT
TESTIGO	0%	45%	86%	100%
UV20-AO3	0%	23%	74%	100%
UV20-NP	0%	26%	73%	100%
IR3-AO3	0%	37%	91%	100%
IR3-NP	0%	45%	100%	100%
AO3-NP	0%	48%	86%	100%
UV20-AO3-NP	0%	30%	87%	67%
IR3-AO3-NP	0%	15%	71%	60%



Gráfica 20. Comportamiento del porcentaje de rechazos totales en fresas.

### Grados Brix (°BRIX).

Respecto a la variable de sólidos solubles a 1DDT todos los tratamientos se comportaron igual con un aumento de °Brix como se muestra en la Gráfica 21, el análisis de varianza realizado no arrojó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo II).



Gráfica 21. Comportamiento del % Sólido solubles a 1DDT.

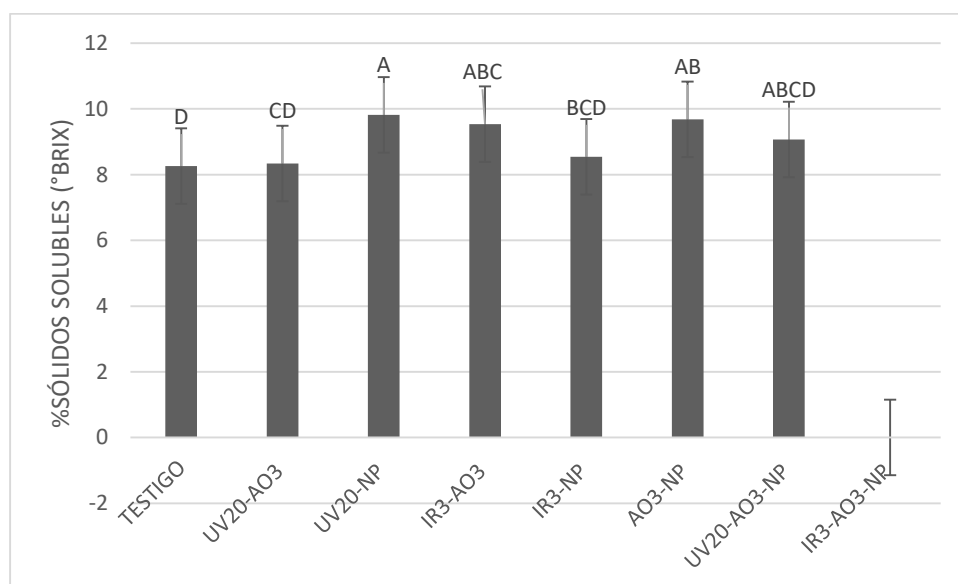
En la Gráfica 22 a dos días después de aplicado el tratamiento (2DDT) se encontraron que los tratamientos IR3-AO3, UV20-NP y AO3-NP presentan diferencias estadísticamente significativas (Tabla 16 y Tabla 17) con respecto al testigo manteniendo una mayor cantidad de sólidos solubles lo que supone que estos frutos tienen una actividad enzimática más lenta, lo que puede ser un factor que alargue su vida útil.

Tabla 15. Análisis de varianza °Brix 2DDT.

FUENTE	GL	SC AJUST.	MC AJUST.	VALOR F	VALOR P
FACTOR	6	13.08	2.1804	2.51	0.048
ERROR	26	22.63	0.8704		
TOTAL	32	35.71			

Tabla 16. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
UV20-NP	5	9.820	A
AO3-NP	5	9.680	A B
IR3-AO3	5	9.540	A B C
UV20-AO3-NP	3	9.067	A B C D
IR3-NP	5	8.540	B C D
UV20-AO3	5	8.340	C D
TESTIGO	5	8.260	D



Gráfica 22. Comportamiento del porcentaje de °Brix a 2DDT en frutos de fresa.

### Acidez titulable.

Respecto a la acidez titulable la mayoría de los frutos tratados se comportaron como los testigos al primer día después de aplicados los tratamientos (1DDT) a excepción de los tratamientos IR3-AO3 y UV20-NP (Gráfica 23) que mostraron diferencias estadísticamente significativas respecto al testigo como se puede observar en la Tabla 18 y Tabla 19. Estos valores de acidez menores, sugieren que los frutos se encuentran consumiendo parte de sus ácidos orgánicos

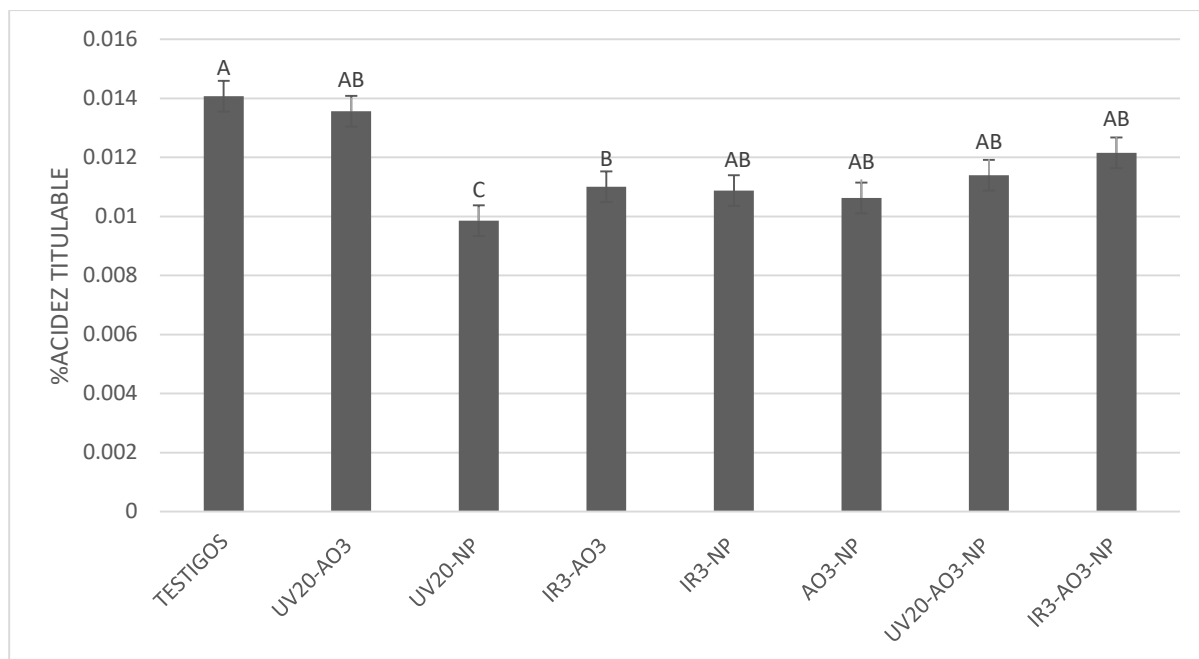
probablemente para obtener de ellos energía, esto puede ser un indicio de la muerte próxima del fruto.

Tabla 17. Análisis de varianza Acidez titulable IDDT.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
		<b>AJUST.</b>	<b>AJUST.</b>		
<b>FACTOR</b>	7	0.000040	0.000006	4.48	0.006
<b>ERROR</b>	16	0.000020	0.000001		
<b>TOTAL</b>	23	0.000060			

Tabla 18. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>	
<b>TESTIGO</b>	3	0.013013	A	
<b>IR3-AO3-NP</b>	3	0.012373	A	B
<b>UV20-AO3-NP</b>	3	0.011520	A	B
<b>AO3-NP</b>	3	0.011093	A	B
<b>IR3-NP</b>	3	0.011093	A	B
<b>UV20-AO3</b>	3	0.011093	A	B
<b>IR3-AO3</b>	3	0.010880		B
<b>UV20-NP</b>	3	0.008320		C



Gráfica 23. Comportamiento del porcentaje de acidez titulable a 1DDT.

Para dos días después de aplicado el tratamiento (2DDT) se observó que todos frutos tratados presentaron una mayor acidez titulable que los frutos testigos a excepción del tratamiento IR3-AO3-NP ya que no se contaba con muestras para medir esta variable. Los tratamientos mostraron diferencias estadísticamente significativas como se puede ver en la Tabla 18 y Tabla 19 y su comportamiento en la Gráfica 24. Este comportamiento de los frutos tratados muestra que los tratamientos aplicados a los 2DDT lograron mantener la acidez titulable, sugiriendo que la respiración en los frutos es más lenta y posiblemente esto pueda alargar la vida de los frutos.

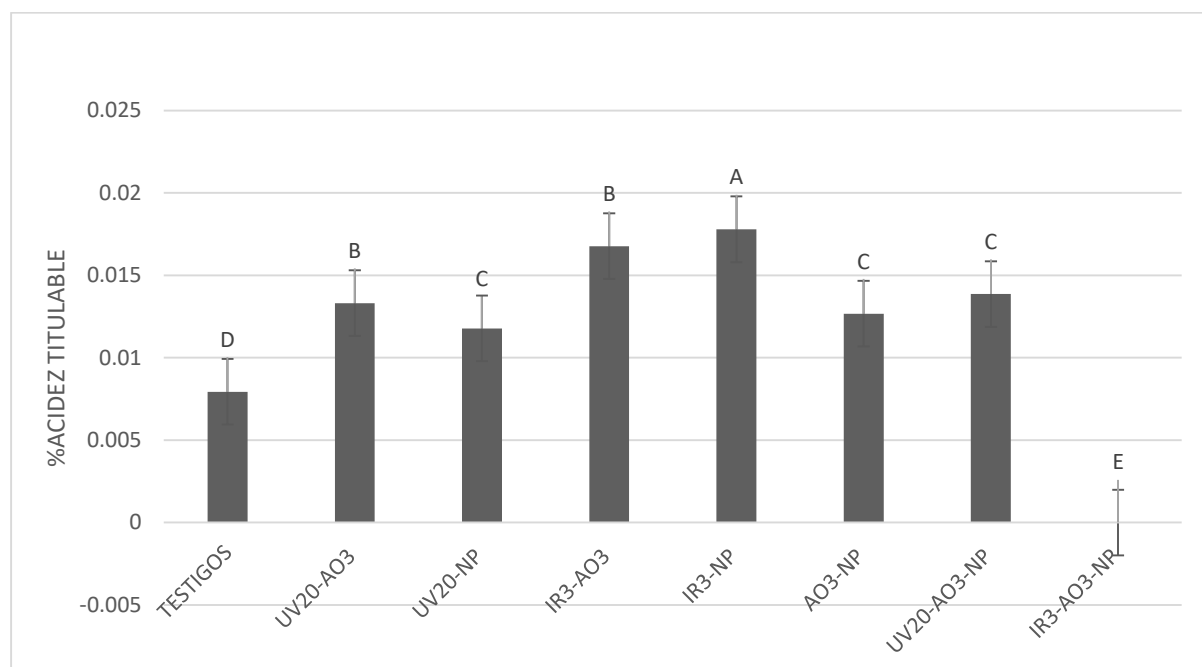
Tabla 19. Análisis de varianza Acidez titulable 2DDT.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	0.000818	0.000117	69.89	0.000
<b>ERROR</b>	16	0.000027	0.000002		
<b>TOTAL</b>	23	0.000845			



Tabla 20. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>IR3-NP</b>	3	0.020267	A
<b>IR3-AO3</b>	3	0.017280	B
<b>UV20-AO3</b>	3	0.016427	B
<b>UV20-AO3-NP</b>	3	0.01387	C
<b>UV20-NP</b>	3	0.013440	C
<b>AO3-NP</b>	3	0.012373	C
<b>TESTIGO</b>	3	0.008533	D
<b>IR3-AO3-NP</b>	3	0.000000	E



Gráfica 24. Comportamiento del porcentaje de acidez titulable en fresas a 2DDT.

### **Firmeza.**

Los frutos tratados a temperatura ambiente para 1DDT que presentaron una mayor firmeza que los frutos testigo y que fueron estadísticamente significativos Tabla 20 y Tabla 21,

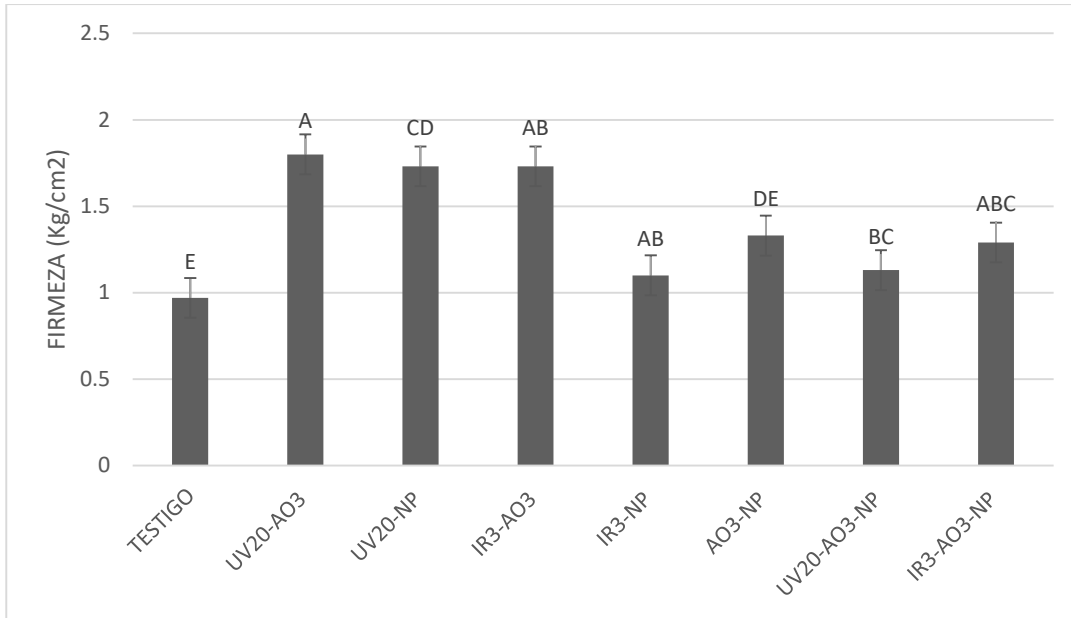
son UV20-AO3, IR3-AO3, IR3-NP, IR3-AO3-NP, UV20-AO3-NP y UV20-NP (Gráfica 25). Sin embargo, a 2DDT el tratamiento IR3-AO3 fue el único que presentó mayor valor de firmeza respecto al testigo (Gráfica 26) y una diferencia estadísticamente significativa (Tabla 22 y Tabla 23). Lo que indica que los tratamientos ayudan a conservar la pared celular de las fresas brindando mayor turgencia a las mismas durante el primer día después de haber aplicado el tratamiento.

Tabla 21. Análisis de varianza Firmeza 1DDT

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST</b>	<b>MC AJUST</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	3.8329	0.54756	12.11	0.000
<b>ERROR</b>	16	0.7233	0.04521		
<b>TOTAL</b>	23	4.5563			

Tabla 22. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>UV20-AO3</b>	3	1.9000	A
<b>IR3-AO3</b>	3	1.8167	A B
<b>IR3-NP</b>	3	1.700	A B
<b>IR3-AO3-NP</b>	3	1.533	A B C
<b>UV20-AO3-NP</b>	3	1.467	B C
<b>UV20-NP</b>	3	1.2167	C D
<b>AO3-NP</b>	3	1.0167	D E
<b>TESTIGO</b>	3	0.6500	E



Gráfica 25. Comportamiento de la firmeza a 1DDT.

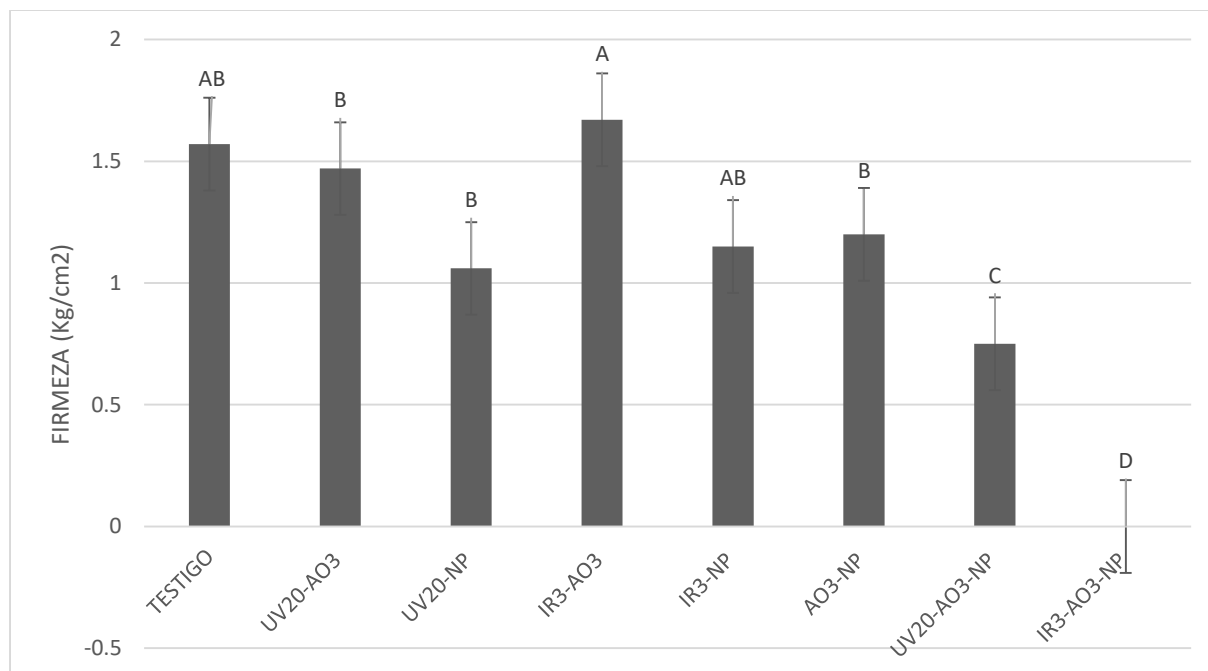
Tabla 23. Análisis de varianza Firmeza 2DDT.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
		<b>AJUST.</b>	<b>AJUST.</b>		
<b>FACTOR</b>	7	8.0449	1.14927	26.65	0.000
<b>ERROR</b>	16	0.6900	0.04312		
<b>TOTAL</b>	23	8.7349			

Tabla 24. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>IR3-AO3</b>	3	1.9667	A
<b>IR3-NP</b>	3	1.617	A B
<b>TESTIGO</b>	3	1.617	A B
<b>UV20-AO3</b>	3	1.533	B
<b>AO3-NP</b>	3	1.3333	B

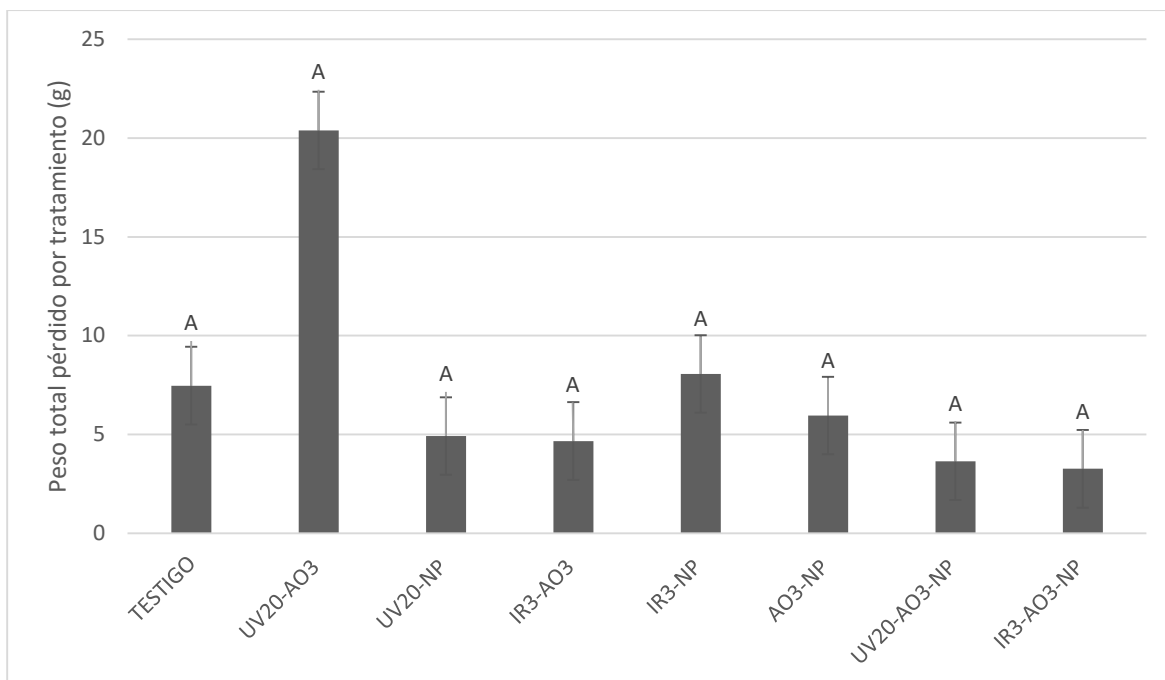
<b>UV20-NP</b>	3	1.2667	<b>B</b>
<b>UV20-AO3-NP</b>	3	0.750	<b>C</b>
<b>IR3-AO3-NP</b>	3	0.000000	<b>D</b>



Gráfica 26. Comportamiento de la firmeza a 2DDT.

### **Pérdida de peso.**

En el análisis de pérdida de peso realizado a las muestras de los diferentes tratamientos con respecto al testigo (Gráfica 27) no se encontró diferencias estadísticamente significativas (Anexo II), lo que sugiere que los tratamientos no están evitando la deshidratación de los frutos.



Gráfica 27. Comportamiento de la diferencia de pérdida de peso (g) de 1DDT a 2DDT.

## RESUMEN DE RESULTADOS

En la tabla 25 se muestra un concentrado de los tratamientos que arrojaron diferencias estadísticamente significativas que se considera ayudan a prolongar la vida útil de las fresas.

Tabla 25. Tabla de resumen: Tratamientos estadísticamente significativos.

<b>VARIEDAD</b>	<b>SAYULITA</b>			<b>YUNUEN</b>			
<b>VARIABLE</b>	<b>TRATAMIENTO</b>	<b>IMPACTO</b>	<b>CONDICIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>TRATAMIENTO</b>	<b>IMPACTO</b>	<b>CONDICIÓN</b>
<b>CRECIMIENTO DE HONGO</b>	IR3-AO3	+	3.2DDT/TA	<b>SÓLIDOS</b>	UV20-NP	+	2DDT/TA
	AO3-NP		3.2DDT/TA	<b>SOLUBLES</b>	IR3-AO3		
	UV20-AO3-NP		3.8DDT/TA	<b>(°BRIX)</b>	AO3-NP		
	IR3-NP	-	6DDT/TREF	<b>ACIDEZ</b>	IR3-AO3	+	1DDT/TA
	UV20-AO3-NP		6DDT/TREF	<b>TITULABLE</b>	UV20-NP		
	IR3-AO3-NP		6.4DDT/TREF				
	AO3-NP		7.2DDT/TREF				
<b>PÉRDIDA DE PESO</b>	UV20-AO3-NP	+	4DDT/TA	<b>FIRMEZA</b>	UV20-AO3	+	1DDT/TA
	IR3-AO3-NP				IR3-AO3		
	UV20-NP				IR3-NP		
	AO3-NP				UV20-NP		
					IR3-AO3-NP		
					UV20-AO3-NP		
	UV20-AO3	+	6DDT/TREF				
	IR3-AO3						
	IR3-AO3-NP						
					IR3-AO3	-	2DDT/TREF

## **CONCLUSIONES.**

### **Variedad Sayulita.**

Con base en los análisis de resultados mostrados de las pruebas que se hicieron de forma individual se definió que los tratamientos que mostraron resultados significativos con respecto al Testigo fueron UV20, NP e IR3, mismos que se combinaron entre sí para montar las corridas experimentales en conjunto con aceite de orégano al 3% (AO3) a temperatura ambiente (25°) y temperatura de refrigeración (4°) llegando a lo que en seguida se describe.

Los frutos sometidos a temperatura ambiente (room temperatura) con respecto a la variable de desjugamiento no se tuvo estadísticamente alguna significancia sin embargo se observó que los tratamientos que contenían aceite de orégano al 3% (UV20-AO3, IR3-AO3, AO3-NP, UV20-AO3-NP e IR3-AO3-NP) presentaron el desjugamiento más tardío que los frutos testigo por lo que se puede considerar que debido a sus propiedades antifúngicas del orégano, se retarda el desarrollo de los hongos en los frutos tratados. Por el contrario, los frutos tratados y refrigerados desarrollaron el hongo antes que los frutos testigo.

Respecto al crecimiento de hongos, los frutos colocados a temperatura ambiente de los tratamientos IR3-OA3, AO3-NP y UV20-AO3-NP mostraron resultados estadísticamente significativos lo que supone que el aceite de orégano (AO3) evitó de forma significativa el desarrollo del hongo en dichos tratamientos.

Al analizar la variable de grados Brix (°Brix), los frutos tratados a temperatura ambiente se tuvo que los tratamientos no fueron estadísticamente significativos sin embargo se observó que los tratamientos UV20-NP, AO3-NP, IR3-NP, UV20-AO3 e IR3-AO3 demostraron un valor inferior de sólidos solubles en comparación con los frutos testigo lo que supone que esto podría deberse al aceite de orégano presente en los tratamientos y que reduce la transpiración de los frutos ayudando a que la transformación de los azúcares sea más lenta.

En los frutos sometidos a temperatura ambiente estadísticamente no se observó que existiera alguna significancia entre los tratamientos, sin embargo, cabe destacar que los tratamientos IR3-NP e IR3-AO3-NP mostraron una mejor firmeza lo que pudiera sugerir que tanto la radiación

infrarroja como la película de nopal evitan la deshidratación temprana de los frutos tratados ayudando así a la firmeza. Con respecto a los tratamientos establecidos en refrigeración estadísticamente ninguno presentó significancia sin embargo los tratamientos UV20-AO3, AO3-NP, IR3-AO3, UV20-AO3-NP e IR3-AO3-NP se mostraron más firmes en comparación con los frutos de los testigos.

Al llevar a cabo el análisis de los frutos a temperatura ambiente respecto a la pérdida de peso se encontró significancia estadística en los tratamientos AO3-NP, UV20-NP, UV20-AO3-NP e IR3-AO3-NP por lo que se establece que la película de nopal a temperatura ambiente evita la pérdida de agua en los frutos y con ello a la par la pérdida de peso en menor que en los demás tratamientos. Por otro lado, los frutos sometidos a temperatura de refrigeración los tratamientos IR3-AO3, UV20-AO3 e IR3-AO3-NP mostraron que son estadísticamente significativos por lo que se establece que en refrigeración el aceite de orégano puede estar jugando un papel importante en el mantenimiento del peso en los frutos sometidos a tratamiento con dicho componente.

En el caso del índice de madurez los tratamientos sometidos a temperatura ambiente no demostraron estadísticamente ninguna significancia, sin embargo los tratamientos que contenían aceite de orégano y película de nopal (UV20-AO3, UV20-NP, UV20-AO3-NP, IR3-AO3 e IR3-AO3-NP) demostraron valores inferiores a los de los frutos testigo por lo que se supone que ambos podrían ayudar a retardar la madurez de las fresas y en el caso de los tratamientos a temperatura de refrigeración tampoco se encontró que estadísticamente fueran significativos pero aun así se observó que el tratamiento UV20-AO3 presentó un valor inferior al testigo por lo es de suponerse que sería una opción para retardar la madurez de los frutos.

#### **Variedad Yunuen.**

Con base a los resultados de la corrida 5 en el caso de la variable rechazos totales los tratamientos UV20-AO3-NP y IR3-AO3-NP demostraron menor incidencia de rechazos (por crecimiento de hongo y desjugamiento principalmente) frente a los frutos testigos lo que supone que al combinarse tres técnicas se limita el ataque por microorganismos en los frutos tratados.



Con respecto a la variable de sólidos solubles los tratamientos UV20-NP, IR3-AO3 y AO3-NP demostraron ser estadísticamente significativos mostrando un valor inferior en grados Brix en comparación con los frutos testigo lo que supone al aplicar los tratamientos se disminuye la transpiración de los frutos ayudando a que la transformación de los azúcares sea más lenta.

Analizando la variable firmeza los tratamientos UV20-AO3, IR3-AO3, IR3-NP, UV20-NP, IR3-AO3-NP y UV20-AO3-NP demostraron ser estadísticamente significativos los cuales mostraron un valor mayor de firmeza respecto a los frutos testigos lo que supone que al ser sometidos los frutos a estos tratamientos preservaron la turgencia de la pared celular.

Para la variable acidez los tratamientos IR3-AO3 y UV20-NP mostraron diferencias estadísticamente significativas respecto al testigo con valores de acidez menores lo sugieren que los frutos se encuentran consumiendo parte de sus ácidos orgánicos probablemente para obtener de ellos energía.

Al llevar a cabo el análisis sobre la pérdida de peso en los frutos tratados, ninguno de los tratamientos fue estadísticamente significativo lo que pudiera considerarse que los tratamientos aplicados no evitan la deshidratación de los frutos.

# **CAPITULO IV**

## **RECOMENDACIONES.**

Se sugiere estudiar las dosis y la combinación de los tratamientos de este trabajo en otras variedades de fresa de interés, mejorar el método aplicado así como también, evaluar otro tipo de frutillas de la región ya que debido a los resultados obtenidos en el presente trabajo, existe diferencia de resultados de variedad a variedad.

## BIBLIOGRAFÍA.

- AGRICOLA, S. (12 de ENERO de 2017). *GESTION INTEGRAL DE EMPRESAS AGRICOLAS*.  
Obtenido de <http://sistemaagricola.com.mx/blog/guia-optimo-manejo-poscosecha-aguacate/>
- Alarcón-García, Y., Trejo-Márquez, M. A., Corrales-Salinas, A., & Pascual Bustamante, S. (2015). DESARROLLO DE UN ENVASE ACTIVO ADICIONADO CON ACEITES ESENCIALES DE CÍTRICOS PARA EL CONTROL DE LA PODREDUMBRE EN FRESA . *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 222-227.
- Alban, Á. J. (2010). *ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL DE FRESAS (Fragaria vesca) MEDIANTE TRATAMIENTO CON LUZ ULTRAVIOLETA DE ONDA CORTA UV-C* . Ambato, Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO .
- Andrea, C. (03 de 09 de 2013). *PLANETA TIERRA*. Obtenido de [https://www.planetahuerto.es/revista/los-frutos-y-sus-agentes-de-crecimiento\\_00299](https://www.planetahuerto.es/revista/los-frutos-y-sus-agentes-de-crecimiento_00299)
- Ángel Beltrán Albán, M. R. (2010). Estudio de la Vida Útil de Fresas (Fragaria vesca) Mediante Tratamiento con Radiación Ultravioleta de Onda Corta (UV-C). *Revista Tecnológica ESPOL*, 17-24.
- Barka, E. K. (2000). *Efects of UV\_c irradiation on lipid peroxidation markers during reping of tomato*. *Plant Physiol*.
- Bello, J. L. (1990). Imagen del fresón en el consumidor. *Especial Huelva*, 27-29.
- D. MARTINEZ ROMERO, E. G. (2006). *Aloe vera, recubrimientocomestible de frutasy hortalizas*. HORTICULTURA.
- Dionelys Millán Villarroel, L. R.-V. (2015). *LUZ ULTRAVIOLETA: INACTIVACIÓN MICROBIANA EN FRUTAS*. Venezuela: Saber.
- Feriol, X. (2010). Propiedades nutritivas y otras curiosidades de la fresa. *Citrifruit*, 72-74.
- Fraire Cordero, M. d., Yáñez Morales, M. d., Nieto Angel, D., & Vázquez Gálvez, G. (2003). Hongos Patógenos en Fruto de Fresa (Fragaria x ananassa Duch.) en Postcosecha . *Mexicana de Fitopatología*, 285-291.
- García Domínguez, E. R. (2019). Recubrimiento natural de Aloe vera sobre la manzana (Mulus domestica) para su conservación. *e-Gnosis(on line)*, Volumen 2.
- GONZÁLEZ, M. D. (2009). *ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS FÍSICOS Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA FRESA DURANTE EL MANEJO POSCOSECHA Y EL*

- TRANSPORTE SIMULADO*. Valencia España: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO.
- GONZÁLEZ, M. D. (2009). *ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS FÍSICOS Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA FRESA DURANTE EL MANEJO POSCOSECHA Y EL TRANSPORTE SIMULADO*. Valencia, España: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- Jhon D. RAMÍREZ Q. Iván D. ARISTIZÁBAL T., J. I. (2013). CONSERVACIÓN DE MORA DE CASTILLA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE GEL DE MUCÍLAGO DE PENCA DE SÁBILA. *VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA*, 172-183.
- M., R. (2007). *Aplicación de la ingeniería de matrices en fotofijación de la luz UV-C en mango*. Perú: Universidad Autónoma de Perú.
- Marco A. López-Mata, S. R.-C.-P.-P.-A.-O.-G. (2012). EFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE QUITOSANO EN LA REDUCCIÓN MICROBIANA Y CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DE FRESAS. *BIOTECNIA*, 33-43.
- Pineda-Mendoza, N. F.-N.-M.-G.-K.-C. (2019). *Efecto de un recubrimiento a base de mucilago de nopal sobre la calidad postcosecha de tomate*. Celaya Guanajuato: Tecnológico de Celaya.
- SIAP. (2016). *SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROLALIMENTARIA Y PESQUERA*. Obtenido de [www.gob.mx/siap/](http://www.gob.mx/siap/)
- Suárez, R. (2001). *CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS POR IRRADIACIÓN*. INVENIO.
- VAZQUEZ, C. S. (2014). *CONGRESOS CIO.MX*. Obtenido de [http://congresos.cio.mx/14\\_enc\\_mujer/cd\\_congreso/archivos/resumenes/S1/S1-BCA41.pdf](http://congresos.cio.mx/14_enc_mujer/cd_congreso/archivos/resumenes/S1/S1-BCA41.pdf)

## ANEXOS.

### Anexo I. Corrida 1.

#### Radiación ultravioleta.

En una primera corrida la Tabla 26 y la Ilustración 23 muestran que de los tratamientos de radiación ultravioleta UV20, UV30 y UV40, el tratamiento UV20 (radiación ultravioleta 20 minutos) presentó resultados similares respecto al testigo (Ilustración 23a contra 23b) manteniendo la firmeza, color, textura y poco o nulo el crecimiento de hongos y desjugamiento de la fruta en algunos clamshells por 5 días por lo fue necesario repetir el experimento.

Tabla 26. Crecimiento de hongos en fresas.

TRATAMIENTOS	DÍAS SIN CRECIMIENTO DE HONGOS	DESVIACIÓN
TESTIGOS	1.5	1
UV20	2.5	1.73
UV30	1.25	0.5
UV40	1	0
IR1	2.25	0.96
IR2	1	0
IR3	1	0
AO1	1	0
AO2	1.5	0.58
AO3	4	0.00
PC1 S	1.5	0.58
PC2 N	0	0
PC3 CH	0	0



Ilustración 23. Radiación ultravioleta. a) Testigo. b) Tratamiento UV 20 minutos. c) Tratamiento UV 30 minutos. d) Tratamiento UV 40 minutos.

En la segunda corrida experimental la Tabla 27 y la Ilustración 24 (Ilustración 24a en comparación con 24b) muestran que el tratamiento UV20 (radiación ultravioleta 20 minutos) presentó resultados significativos respecto al testigo manteniendo la firmeza, color, textura y sin crecimiento de hongos ni desjugamiento de la fruta en dos de los clamshells y en el testigo solo un clamshell por 5 días. Corroborando los resultados favorables para este tratamiento en la corrida 1. Se considera que este tratamiento no permite el crecimiento de hongos a pesar de la pérdida de peso por deshidratación de las frutas.

Tabla 27. Testigo contra radiación ultravioleta (UV) CORRIDA 2. DDT (días después de aplicado el tratamiento).

<b>FECHA: 13 DE FEBRERO 2020</b>		<b>1DDT</b>		<b>2DDT</b>		<b>5DDT</b>				
<b>MUESTRAS</b>	<b>PESO INICIAL (g)</b>	<b>PESO 2 (g)</b>	<b>PRESENCIA DE HONGO</b>	<b>ESCURRIMIENTO</b>	<b>PESO 3 (g)</b>	<b>PRESENCIA DE HONGO</b>	<b>ESCURRIMIENTO</b>	<b>PESO 4 (g)</b>	<b>PRESENCIA DE HONGO</b>	<b>ESCURRIMIENTO</b>
TESTIGO A	169		POCO	NO						
TESTIGO B	165		POCO	POCO						
TESTIGO C	158	120	NO	NO	117	NO	NO		POCO	NO
TESTIGO D	177		POCO	POCO						
UV20 A	188		POCO	POCO						
UV20 B	145		MUCHO	MUCHO						
UV20 C	167	139	NO	NO	133	NO	NO		NO	NO
UV20 D	167	152	NO	NO	148	NO	NO		NO	NO



Ilustración 24. Radiación ultravioleta (UV). a) Testigo. b) Tratamiento UV20.

### **Radiación infrarroja.**

Para la primera corrida la Tabla 28 y la Ilustración 25 no presentan valor significativo en ninguno de los tratamientos radiación infrarrojo en comparación con el testigo por lo que los resultados son insignificantes. Se observó demasiado crecimiento de filamentos fungosos, manchas oscuras y desjugamiento de la fruta en el día 3 en todos los tratamientos IR1 (Ilustración 25a), IR2 (Ilustración 25b) y IR3 (Ilustración 25c).

Tabla 28. Testigo versus tratamientos de radiación infrarroja (IR) CORRIDA 1.

<b>MUESTRAS</b>	<b>PESO (g)</b>	<b>PRESENCIA DE HONGO</b>	<b>ESCURRIMIENTO</b>
TESTIGO A	159	POCO	NO
TESTIGO B	153	POCO	POCO
TESTIGO C	141	MUCHO	MUCHO
TESTIGO D	137	MUCHO	POCO
IR1 A	169	MUCHO	MUCHO
IR1 B	171	MUCHO	MUCHO
IR1 C	170	POCO	NO
IR1 D	142	MUCHO	MUCHO
IR2 A	158	MUCHO	MUCHO
IR2 B	173	MUCHO	MUCHO
IR2 C	209	MUCHO	MUCHO
IR2 D	169	MUCHO	MUCHO
IR3 A	148	POCO	NO
IR3 B	157	MUCHO	MUCHO
IR3 C	159	MUCHO	MUCHO
IR3 D	146	MUCHO	MUCHO





Ilustración 25. Radiación infrarroja. a) Testigo. b) Tratamiento IR 1 minuto. c) Tratamiento IR 2 minutos. d) Tratamiento IR 3 minutos.

En una segunda corrida la Tabla 29 y la Ilustración 26 (Ilustración 26a contra 26b) muestran que el tratamiento IR3 (radiación infrarroja 3 minutos) presentó resultados significativos respecto al testigo manteniendo la firmeza, color, textura y sin crecimiento de hongos ni desjugamiento aunque hubo pérdida de peso de la fruta por 5 días. Es importante mencionar que este tratamiento guarda una relación visual con el comportamiento de las frutas y el tratamiento UV20.

Tabla 29. Testigo en comparación con radiación infrarroja (IR). DDT (días después del tratamiento).

FECHA: 13 DE FEBRERO DE 2020		1DDT		2DDT		5DDT				
MUESTRAS	PESO INICIAL (g)	PESO 2 (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO	PESO 3 (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO	PESO 4 (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO
TESTIGO A	169		POCO	NO						
TESTIGO B	165		POCO	POCO						
TESTIGO C	158	120	NO	NO	117	NO	NO		POCO	NO
TESTIGO D	177		POCO	POCO						
IR1 A	159	144	NO	NO		POCO	POCO			
IR1 B	181		MUCHO	MUCHO						
IR1 C	167		POCO	POCO						
IR1 D	161		POCO	MUCHO						
IR2 A	177		POCO	NO						

IR2 B	175		POCO	NO					
IR2 C	199		POCO	POCO					
IR2 D	178		POCO	POCO					
IR3 A	158		MUCHO	MUCHO					
IR3 B	172	160	NO	NO	155	NO	NO	POCO	NO
IR3 C	159	131	NO	NO	128	NO	NO	POCO	NO
IR3 D	183	169	NO	NO		POCO	POCO		



Ilustración 26. Radiación infrarroja. a) Testigo. b) Tratamiento radiación infrarroja IR3.

### Aceite de orégano.

Para la primera corrida la Tabla 30 y la Ilustración 27 muestran que no existe valor significativo del tratamiento aceite de orégano versus el testigo por lo que los resultados son insignificantes. Se observó demasiado crecimiento de obscurecimiento y filamentos fungosos y desjugamiento de la fruta en el día 3 en todos los tratamientos AO1 (Ilustración 27a), AO2 (Ilustración 27b) y AO3 (Ilustración 27c). Estos resultados negativos pudieron deberse a que se almacenaron los frutos húmedos en los clamshells y por tanto la humedad favoreció la propagación de hongos.

Tabla 30. Testigo con respecto al tratamiento de aceite de orégano.

MUESTRAS	PESO (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO
TESTIGO A	159	POCO	NO
TESTIGO B	153	POCO	POCO
TESTIGO C	141	MUCHO	MUCHO
TESTIGO D	137	MUCHO	POCO
AO1 A	206	MUCHO	MUCHO
AO1 B	156	MUCHO	MUCHO
AO1 C	164	MUCHO	MUCHO
AO1 D	163	MUCHO	MUCHO
AO2 A	177	POCO	NO
AO2 B	180	POCO	MUCHO
AO2 C	141	MUCHO	MUCHO

AO2 D	156	POCO	NO
AO3 A	169	MUCHO	MUCHO
AO3 B	172	MUCHO	MUCHO
AO3 C	175	MUCHO	MUCHO
AO3 D	195	POCO	MUCHO



Ilustración 27. Aceite de orégano. a) Testigo. b) Tratamiento AO 1%. c) Tratamiento AO 2%. d) Tratamiento AO 3%.

En una segunda corrida para los tratamientos de aceite de orégano en la tabla 31 y la Ilustración 28 muestran que no existe valor significativo del tratamiento aceite de orégano en ninguna de sus dosis contra el testigo por lo que los resultados son insignificantes. Se observó demasiado crecimiento de obscurecimiento y filamentos fungosos y desjugamiento de la fruta en el día 3 en todos los tratamientos AO1 (Ilustración 28a), AO2 (Ilustración 28b) y AO3 (Ilustración 28c). Estos resultados negativos pudieron deberse a que la aplicación del aceite en todos los casos se hizo directamente a los clamshells y no a la fruta, por lo que se pondrá a prueba en una corrida 3.

Tabla 31. Testigo versus aceite de orégano (AO). DDT (días después de aplicado el tratamiento).

FECHA: 13 DE FEBRERO 2020		1DDT				2DDT				5DDT			
MUESTRAS	PESO INICIAL (g)	PESO 2 (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO	PESO 3 (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO	PESO 4 (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO			
TESTIGO A	169		POCO	NO									
TESTIGO B	165		POCO	POCO									
TESTIGO C	158	120	NO	NO	117	NO	NO		POCO	NO			

TESTIGO D	177	POCO	POCO
AO1 A	165	MUCHO	MUCHO
AO1 B	173	MUCHO	MUCHO
AO1 C	187	MUCHO	MUCHO
AO1 D	156	POCO	POCO
AO2 A	164	POCO	NO
AO2 B	200	POCO	POCO
AO2 C	164	POCO	POCO
AO2 D	170	POCO	NO
AO3 A	187	MUCHO	MUCHO
AO3 B	182	MUCHO	MUCHO
AO3 C	163	POCO	POCO
AO3 D	196	POCO	POCO



Ilustración 28. Aceite de orégano. a) Testigo. b) Tratamiento AO3. c) Tratamientos AO1 y AO2.

### Recubrimientos comestibles.

Respecto a los recubrimientos comestibles PN (Película a base de mucílago de Nopal (Ilustración 29a), PS (Película a base de mucílago de Sábila (Ilustración 29b) y PCH (Película a base de mucílago de Chía (Ilustración 29c) para la primera corrida experimental la Tabla 32 y la Ilustración 29 muestran que el tratamiento que presentó mejor respuesta con respecto al testigo fue PN (Ilustración 29b) manteniendo la firmeza, color, textura y poco o nulo el crecimiento de hongos y desjugamiento además de dar una apariencia fresca de la fruta en algunos clamshells por 5 días.

Tabla 32. Testigo en comparación con los tratamientos de recubrimientos comestibles.

MUESTRAS	PESO (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO
TESTIGO A	159	POCO	NO
TESTIGO B	153	POCO	POCO
TESTIGO C	141	MUCHO	MUCHO
TESTIGO D	137	MUCHO	POCO
PS A	170	MUCHO	MUCHO
PS B	178	MUCHO	MUCHO
PS C	124	MUCHO	MUCHO
PS D	162	MUCHO	MUCHO
PN A	170	MUCHO	MUCHO
PN B	170	NO	NO
PN C	148	POCO	POCO
PN D	187	POCO	POCO
PCH A	174	MUCHO	MUCHO
PCH B	151	MUCHO	MUCHO
PCH C	144	MUCHO	MUCHO
PCH D	198	MUCHO	MUCHO



Ilustración 29. Recubrimientos comestibles. a) Testigo. b) Mucilago de nopal. c) Mucílago de chíá. d) Mucílago de sábila.

De los tratamientos con recubrimientos comestibles la Tabla 33 y la Ilustración 30 muestran que el tratamiento con mejores resultados versus el Testigo fue PN (Ilustración 30b) manteniendo la firmeza, color, textura y sin crecimiento de hongos ni desjugamiento de la fruta por 5 días en una segunda corrida experimental. Por tanto se considera que este tratamiento PN ayuda a las frutas a mantener la hidratación de manera visual.

Tabla 33. Testigo versus recubrimientos comestibles (mucílago). DDT (días después de aplicado el tratamiento).

FECHA: 13 DE 1DDT				2DDT				5DDT			
FEBRERO DE 2020											
MUESTRAS	PESO INICIAL (g)	PESO 2 (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO	PESO 3 (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO	PESO 4 (g)	PRESENCIA DE HONGO	ESCURRIMIENTO	
TESTIGO A	169		POCO	NO							
TESTIGO B	165		POCO	POCO							
TESTIGO C	158	120	NO	NO	117	NO	NO		POCO	NO	
TESTIGO D	177		POCO	POCO							
PS A	170		POCO	POCO							
PS B	166	149	NO	NO		POCO	NO				
PS C	175		POCO	POCO							
PS D	173	136	NO	NO		POCO	POCO				
PN A	140	123	NO	NO	120	NO	NO		POCO	NO	
PN B	192		POCO	POCO							
PN C	186		POCO	NO							
PN D	196		MUCHO	MUCHO							
PCH A	182		MUCHO	MUCHO							
PCH B	167		POCO	POCO							
PCH C	168	137	NO	NO		POCO	POCO				
PCH D	188	171	NO	NO		MUCHO	MUCHO				



Ilustración 30. Recubrimientos comestibles. a) Testigo. b) Tratamiento mucílago de nopal (PN).

## Anexo II. Resultados del análisis estadístico de la corrida 2.

### Pruebas individuales.

Tabla 34. Análisis de Varianza crecimiento de hongos pruebas individuales a 25 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	12	11.81	0.9840	1.87	0.070
<b>ERROR</b>	39	20.50	0.5256		
<b>TOTAL</b>	51	32.31			

Tabla 35. Análisis de comparación de medias de Tukey a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>UV20</b>	4	2.500	A
<b>IR3</b>	4	2.250	A
<b>PC3 CH</b>	4	1.500	A
<b>PC2 N</b>	4	1.500	A
<b>PC1 S</b>	4	1.500	A
<b>TESTIGOS</b>	4	1.500	A
<b>IR1</b>	4	1.250	A
<b>AO3</b>	4	1.000	A
<b>AO2</b>	4	1.000	A
<b>AO1</b>	4	1.000	A
<b>IR2</b>	4	1.000	A
<b>UV40</b>	4	1.000	A
<b>UV30</b>	4	1.000	A

Tabla 36. Análisis de Varianza desjugamiento pruebas individuales a 25 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
<b>FACTOR</b>	12	15.31	1.2756	1.42	0.198
<b>ERROR</b>	39	35.00	0.8974		
<b>TOTAL</b>	51	50.31			

Tabla 37. Análisis de comparación de medias de Tukey a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>IR3</b>	4	2.750	A
<b>UV20</b>	4	2.500	A
<b>PC N</b>	4	2.000	A
<b>TESTIGOS</b>	4	2.000	A
<b>PC1 S</b>	4	1.750	A
<b>PC3 CH</b>	4	1.500	A
<b>AO2</b>	4	1.500	A
<b>IR2</b>	4	1.500	A
<b>IR1</b>	4	1.250	A
<b>UV40</b>	4	1.250	A
<b>AO3</b>	4	1.000	A
<b>AO1</b>	4	1.000	A
<b>UV30</b>	4	1.000	A



### Anexo III. Resultados del análisis estadístico de la corrida 4.

#### Temperatura de refrigeración.

Tabla 38. Análisis de varianza pérdida de peso a 4 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	8.213	1.1733	1.51	0.200
<b>ERROR</b>	31	24.046	0.7757		
<b>TOTAL</b>	38	32.259			

#### Índice de maduración temperatura ambiente.

Tabla 39. Análisis de varianza índice de madurez a 25 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	56.37	8.052	0.17	0.989
<b>ERROR</b>	31	1452.75	46.863		
<b>TOTAL</b>	38	1509.12			

#### Índice de maduración temperatura de refrigeración.

Tabla 40. Análisis de varianza índice de madurez a 4 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	475.0	67.86	0.91	0.503
<b>ERROR</b>	72	5366.8	74.54		
<b>TOTAL</b>	79	5841.9			

### Sólidos solubles temperatura ambiente.

Tabla 41. Análisis de varianza Sólidos solubles a 25 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	8.291	1.1844	1.58	0.178
<b>ERROR</b>	32	24.043	0.7514		
<b>TOTAL</b>	39	32.334			

Tabla 42. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>	
<b>IR3-AO3-NP</b>	5	10.247	A	
<b>UV20-AO3-NP</b>	5	9.540	A	B
<b>TESTIGO</b>	5	9.307	A	B
<b>UV20-NP</b>	5	9.220	A	B
<b>AO3-NP</b>	5	9.147	A	B
<b>IR3-NP</b>	5	8.975		B

### Sólidos solubles temperatura de refrigeración.

Tabla 43. Análisis de varianza Sólidos solubles a 4 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	2.251	0.3215	0.50	0.834
<b>ERROR</b>	72	46.617	0.6475		
<b>TOTAL</b>	79	48.867			

Tabla 44. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>UV20-NP</b>	10	9.420	A
<b>UV20-AO3</b>	10	9.207	A
<b>AO3-NP</b>	10	9.194	A
<b>TESTIGO</b>	10	9.177	A
<b>IR3-AO3</b>	10	8.997	A
<b>IR3-AO3-NP</b>	10	8.974	A
<b>UV20-AO3-NP</b>	10	8.954	A
<b>IR3-NP</b>	10	8.880	A

### Acidez titulable temperatura ambiente.

Tabla 45. Análisis de varianza Acidez titulable a 25 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	0.0257	0.003665	0.00	1.000
<b>ERROR</b>	32	23.9549	0.748591		
<b>TOTAL</b>	39	23.9806			

Tabla 46. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>IR3-NP</b>	5	1.067	A
<b>IR3-AO3</b>	5	1.063	A

<b>UV20-NP</b>	5	1.039	A
<b>AO3-NP</b>	5	1.037	A
<b>UV20-AO3</b>	5	1.024	A
<b>TESTIGO</b>	5	1.014	A
<b>UV20-AO3-NP</b>	5	0.999	A
<b>IR3-AO3-NP</b>	5	0.994	A

### Acidez titulable temperatura de refrigeración.

Tabla 47. Análisis de varianza Acidez titulable a 4 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	475.1	67.87	0.91	0.503
<b>ERROR</b>	72	5366.8	74.54		
<b>TOTAL</b>	79	5841.8			

Tabla 48. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>UV20-NP</b>	10	20.64	A
<b>IR3-AO3</b>	10	19.91	A
<b>IR3-NP</b>	10	19.19	A
<b>UV20-AO3-NP</b>	10	19.16	A
<b>AO3-NP</b>	10	17.67	A
<b>IR3-AO3-NP</b>	10	17.01	A
<b>TESTIGO</b>	10	14.16	A
<b>UV20-AO3</b>	10	13.62	A

**Firmeza temperatura ambiente.**

Tabla 49. Análisis de varianza Firmeza a 25 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	0.9449	0.1350	0.47	0.851
<b>ERROR</b>	32	9.2527	0.2891		
<b>TOTAL</b>	39	10.1976			

Tabla 50. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>AO3-NP</b>	5	1.974	A
<b>IR3-AO3-NP</b>	5	1.967	A
<b>TESTIGO</b>	5	1.864	A
<b>UV20-AO3</b>	5	1.834	A
<b>UV20-AO3-NP</b>	5	1.810	A
<b>UV20-NP</b>	5	1.750	A
<b>IR3-AO3</b>	5	1.744	A
<b>IR3-NP</b>	5	1.454	A

**Firmeza a temperatura de refrigeración.**

Tabla 51. Análisis de varianza Firmeza a 4 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	1.093	0.1562	0.44	0.873
<b>ERROR</b>	72	25.505	0.3542		
<b>TOTAL</b>	79	26.598			

Tabla 52. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>UV20-AO3</b>	10	2.647	A
<b>AO3-NP</b>	10	2.632	A
<b>UV20-AO3-NP</b>	10	2.564	A
<b>TESTIGO</b>	10	2.547	A
<b>IR3-AO3</b>	10	2.462	A
<b>UV20-NP</b>	10	2.435	A
<b>IR3-AO3-NP</b>	10	2.347	A
<b>IR3-NP</b>	10	2.312	A

### Índice de maduración a temperatura ambiente.

Tabla 53. Análisis de varianza Firmeza a 25 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	56.46	8.065	0.18	0.988
<b>ERROR</b>	32	1452.74	45.398		
<b>TOTAL</b>	39	1509.20			

Tabla 54. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>IR3-AO3-NP</b>	5	15.19	A
<b>UV20-AO3-NP</b>	5	14.05	A
<b>TESTIGO</b>	5	13.77	A
<b>AO3-NP</b>	5	13.61	A
<b>IR3-NP</b>	5	13.50	A
<b>UV20-NP</b>	5	12.24	A

<b>UV20-AO3</b>	5	12.09	A
<b>IR3-AO3</b>	5	11.23	A

### Índice de madurez temperatura de refrigeración.

Tabla 55. Análisis de varianza Índice de madurez a 4 °C.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	475.1	67.87	0.91	0.503
<b>ERROR</b>	72	5366.8	74.54		
<b>TOTAL</b>	79	5841.8			

Tabla 56. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>UV20-NP</b>	10	20.64	A
<b>IR3-AO3</b>	10	19.91	A
<b>IR3-NP</b>	10	19.19	A
<b>UV20-AO3-NP</b>	10	19.16	A
<b>AO3-NP</b>	10	17.67	A
<b>IR3-AO3-NP</b>	10	17.01	A
<b>TESTIGO</b>	10	14.16	A
<b>UV20-AO3</b>	10	13.62	A

## Anexo IV. Resultados del análisis estadístico de la corrida 5.

### Sólidos solubles a 1DDT temperatura ambiente.

Tabla 57. Análisis de varianza °Brix 1DDT.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	7	3.532	0.5046	0.39	0.899
<b>ERROR</b>	32	41.012	1.2816		
<b>TOTAL</b>	39	44.544			

Tabla 58. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>IR3-AO3-NP</b>	5	9.340	A
<b>IR3-NP</b>	5	9.340	A
<b>UV20-NP</b>	5	9.160	A
<b>AO3-NP</b>	5	8.880	A
<b>UV20-AO3-NP</b>	5	8.800	A
<b>IR3-AO3</b>	5	8.780	A
<b>UV20-AO3</b>	5	8.660	A
<b>TESTIGO</b>	5	8.480	A

### Pérdida de peso total por tratamiento corrida 5.

Tabla 59. Análisis de varianza Pérdida total por tratamiento Corrida 5.

<b>FUENTE</b>	<b>GL</b>	<b>SC AJUST.</b>	<b>MC AJUST.</b>	<b>VALOR F</b>	<b>VALOR P</b>
<b>FACTOR</b>	6	0.8508	0.1418	0.52	0.787
<b>ERROR</b>	28	7.6100	0.2718		
<b>TOTAL</b>	34	8.4608			



Tabla 60. Análisis de comparación de medias de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

<b>FACTOR</b>	<b>N</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGRUPACIÓN</b>
<b>AO3-NP</b>	5	1.068	A
<b>UV20-NP</b>	5	0.985	A
<b>UV20-AO3-NP</b>	5	0.7288	A
<b>IR3-AO3</b>	5	0.7176	A
<b>TESTIGO</b>	5	0.6678	A
<b>UV20-AO3</b>	5	0.6662	A
<b>IR3-NP</b>	5	0.6634	A