

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Desarrollo de coberturas comestibles de metil-celulosa y plastificante de glicerol aplicado a nueces de macadamia de variedad *Tetraphylla* para mejorar la estabilidad oxidativa de los productos oleaginosos causantes de la rancidez

Trabajo de graduación presentado por Melanie Alejandra Hernández Schaad para optar al grado de Licenciada en Química

Guatemala,
2024

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Desarrollo de coberturas comestibles de metil-celulosa y plastificante de glicerol aplicado a nueces de macadamia de variedad *Tetraphylla* para mejorar la estabilidad oxidativa de los productos oleaginosos causantes de la rancidez

Trabajo de graduación presentado por Melanie Alejandra Hernández Schaad para optar al grado de Licenciada en Química

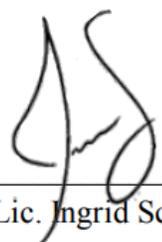
Guatemala,
2024

Vo. Bo. :

(f) 
MSc. Ingrid Yurrita Pocasangre
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) 
MSc. Ingrid Yurrita Pocasangre
Asesor

(f) 
Lic. Ingrid Schrei

(f) 
MSc. Irma Patricia Orellana
Directora
Departamento de Química

Fecha de aprobación: Guatemala, 31 de enero de 2024

PREFACIO

En el camino hacia la realización de mis estudios en química, he sido beneficiado por el sólido respaldo de mi familia y la orientación divina de Dios, elementos fundamentales en mi trayectoria académica. Agradezco sinceramente a mis padres por su sacrificio incondicional, que ha hecho posible esta oportunidad invaluable.

Asimismo, quiero expresar mi reconocimiento a Alimentos Selectos, S.A., por su apoyo generoso y confianza durante la elaboración de mi tesis. Su colaboración ha enriquecido significativamente mi investigación y ha fortalecido mi compromiso con este campo de estudio.

Estas palabras reflejan mi profundo agradecimiento hacia aquellos que han sido pilares en mi camino académico. Sin su apoyo constante, alcanzar este logro habría sido considerablemente más difícil.

ÍNDICE

LISTADO DE CUADROS	iv
LISTADO DE FIGURAS	xiv
LISTADO DE ACRÓNIMOS	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
I. OBJETIVOS.....	2
A. Objetivo general	2
B. Objetivos específicos	2
II. JUSTIFICACIÓN	1
III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	2
IV. HIPÓTESIS	2
A. Hipótesis nula.....	2
B. Hipótesis alternativa	2
V. MARCO TEÓRICO	1
A. La nuez de macadamia y su origen.....	1
B. Composición química de la nuez de macadamia	1
C. Oxidación lipídica.....	2
D. Oxidación controlada e índices de calidad.....	3
E. Alternativas industriales para la oxidación lipídica.....	5
F. Metilcelulosa - propiedades físicas y químicas	6

G.	Metilcelulosa y su uso en la industria alimenticia	6
H.	Glicerol - propiedades físicas y químicas	7
I.	Glicerol y su uso en la industria alimenticia	8
VI.	METODOLOGÍA	11
A.	Variables.....	11
B.	Recolección de datos	12
C.	Análisis estadístico	12
D.	Materiales y métodos.....	15
VII.	RESULTADOS.....	22
VIII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	26
IX.	CONCLUSIONES	31
X.	RECOMENDACIONES.....	32
XI.	REFERENCIAS.....	33
XII.	ANEXOS.....	37
A.	Prueba de residuos para normalidad estadística	37
B.	Prueba de Anova de un factor y Kruskal Wallis (KW)	51
C.	Prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon (MWW)	59
D.	Prueba de Dunn <i>post hoc</i>	65

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Especificaciones internacionales de calidad de aceites.	5
Cuadro 2. Variables consideradas para el desarrollo del film comestible y plastificante aplicado a nueces de macadamia de la variedad <i>Tetraphylla</i>	11
Cuadro 3. Reactivos, materiales y equipo necesarios para la extracción del aceite de macadamia para la evaluación de los índices de calidad de la nuez.....	15
Cuadro 4. Reactivos, materiales y equipo necesarios para la evaluación del índice de acidez de la muestra de nueces de macadamia de varios cortes previo y posterior a la aplicación de la barrera protectora superficial.....	16
Cuadro 5. Reactivos, materiales y equipo necesarios para la evaluación del índice de peróxidos del lote de nueces de macadamia de varios cortes previo y posterior a la aplicación de la barrera protectora superficial.....	17
Cuadro 6. Reactivos, materiales y equipo necesario para la determinación del porcentaje de humedad en nueces de macadamia de varios cortes previo y posterior a la aplicación de la barrera protectora superficial.....	18
Cuadro 7. Reactivos, materiales y equipo necesario para el desarrollo del proceso de estabilización de temperatura de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ para las nueces de macadamia de varios cortes previo y posterior a la aplicación de la barrera protectora superficial.	19
Cuadro 8. Reactivos, materiales y necesarios para la elaboración del film comestible de metilcelulosa y plastificante de glicerol.	20
Cuadro 9. Análisis de las diferencias significativas entre la comparativa de cada cobertura a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ para los índices de calidad de acidez y peróxidos evaluados durante cuatro semanas para las nueces de macadamia del estilo 1s y estilo 4.	24

Cuadro 10. Análisis de las diferencias significativas en los índices de calidad de acidez y peróxidos evaluados para el conjunto de nueces de macadamia del estilo 1s y estilo 4 a temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C.....	25
Cuadro 11. Resultados obtenidos para el índice de calidad de acidez a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia.....	51
Cuadro 12. Resultados obtenidos para el índice de calidad de peróxidos a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia.	52
Cuadro 13. Resultados obtenidos para el índice de calidad de acidez a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia del estilo 1s durante cada semana.	53
Cuadro 14. Resultados obtenidos para el índice de calidad de acidez a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia del estilo 4 durante cada semana.	54
Cuadro 15. Resultados obtenidos para el índice de calidad de peróxidos a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia del estilo 1s durante cada semana.	55
Cuadro 16. Resultados obtenidos para el índice de calidad de peróxidos a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la	

prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia del estilo 4 durante cada semana.....	56
Cuadro 17. Resultados obtenidos para el índice de calidad de acidez a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones, siendo una comparativa entre la eficacia de cada cobertura a las dos temperaturas a través del tiempo.....	57
Cuadro 18. Resultados obtenidos para el índice de calidad de peróxidos a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones, siendo una comparativa entre la eficacia de cada cobertura a las dos temperaturas a través del tiempo. .	58
Cuadro 19. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo control a 25(±3)°C y 40(±3)°C.....	59
Cuadro 20. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	59
Cuadro 21. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo Glo a 25(±3)°C y 40(±3)°C.....	59
Cuadro 22. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo Glo + MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.....	60
Cuadro 23. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo control a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	60

Cuadro 24. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	60
Cuadro 25. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo Glo a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	61
Cuadro 26. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo Glo+MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	61
Cuadro 27. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo control a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	61
Cuadro 28. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	62
Cuadro 29. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo Glo a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	62
Cuadro 30. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo Glo+MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	62
Cuadro 31. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo control a 25(±3)°C y 40(±3)°C.,	63

Cuadro 32. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	63
Cuadro 33. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo Glo a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	63
Cuadro 34. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo Glo+MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	64
Cuadro 35. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 1 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	65
Cuadro 36. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 2 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	65
Cuadro 37. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 3 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	66
Cuadro 38. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 4 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	66
Cuadro 39. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 1 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	67

Cuadro 40. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 2 a 25(±3)°C, donde no se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 67

Cuadro 41. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 3 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 68

Cuadro 42. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 4 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 68

Cuadro 43. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 1 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 69

Cuadro 44. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 2 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 69

Cuadro 45. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 3 a 40(±3)°C, donde no se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 70

Cuadro 46. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 4 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 70

Cuadro 47. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 1 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 71

Cuadro 48. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 2 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	71
Cuadro 49. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 3 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	72
Cuadro 50. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 4 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	72
Cuadro 51. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 1 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	73
Cuadro 52. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 2 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	73
Cuadro 53. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 3 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	74
Cuadro 54. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 4 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	74
Cuadro 55. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 1 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	75

Cuadro 56. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 2 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 75

Cuadro 57. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 3 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 76

Cuadro 58. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 4 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 76

Cuadro 59. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 1 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 77

Cuadro 60. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 2 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 77

Cuadro 61. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 3 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 78

Cuadro 62. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 4 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 78

Cuadro 63. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 1 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 79

Cuadro 64. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 2 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	79
Cuadro 65. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 3 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	80
Cuadro 66. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 4 a 40(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	80
Cuadro 67. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s a 25(±3)°C durante las 4 semanas, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	81
Cuadro 68. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s a 40(±3)°C durante las 4 semanas, donde no se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	81
Cuadro 69. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 a 25(±3)°C durante las 4 semanas, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	82
Cuadro 70. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 a 40(±3)°C durante las 4 semanas, donde no se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	82
Cuadro 71. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn <i>post hoc</i> para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s a 25(±3)°C durante las 4 semanas, donde no se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.	83

Cuadro 72. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las 4 semanas, donde no se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 83

Cuadro 73. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las 4 semanas, donde no se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 84

Cuadro 74. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las 4 semanas, donde no se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas. 84

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ruta clásica de radicales libres en aceites.	3
Figura 2. Índice de acidez y peróxidos en aceites.	4
Figura 3. Estructura química de la metilcelulosa.	6
Figura 4. Estructura química del glicerol.	8
Figura 5. Comportamiento de la cantidad de ácidos grasos (porcentaje de acidez) a través del tiempo para las nueces del estilo 1s con las distintas coberturas a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	22
Figura 6. Comportamiento de la cantidad de ácidos grasos (porcentaje de acidez) a través del tiempo para las nueces del estilo 4 con las distintas coberturas a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	22
Figura 7. Comportamiento del valor de peróxidos a través del tiempo para las nueces del estilo 1s con las distintas coberturas a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	23
Figura 8. Comportamiento del valor de peróxidos a través del tiempo para las nueces del estilo 4 con las distintas coberturas a 25(±3)°C y 40(±3)°C.	23
Figura 9. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 1s y estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C.	37
Figura 10. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 1s y estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C.	38

Figura 11. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.....	39
Figura 12. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.....	40
Figura 13. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.....	41
Figura 14. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.....	42
Figura 15. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.	43
Figura 16. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.	44

Figura 17. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de 25(±3)°C durante las cuatro semanas de estudio.....	45
Figura 18. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de 40(±3)°C durante las cuatro semanas de estudio.....	46
Figura 19. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C.	47
Figura 20. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C.	48
Figura 21. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C.	49
Figura 22. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C.	50

LISTADO DE ACRÓNIMOS

E1S	Estilo 1s
E4	Estilo 4
NSC	Nueces sin cobertura
NMC	Nueces con metilcelulosa
NGlo	Nueces con glicerol
AOCS	Asociación Americana de Químicos de Aceite
ISO	Organización Internacional de Normalización
IUPAC	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
OMS	Organización Mundial de la Salud
JECFA	Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios
CAC	Comisión del Codex Alimentarius

RESUMEN

A partir de la problemática que presentó una empresa guatemalteca sobre la rancidez que presenta la nuez de macadamia cerca de su fecha de caducidad, se procedió al desarrollo de una de las técnicas de mayor utilidad a nivel industrial para la preparación de un aislante del oxígeno, uno de los causantes principales de la oxidación lipídica y la rancidez. Para ello, se propuso el desarrollo de una cobertura de metilcelulosa y plastificante de glicerol para prolongar el tiempo de vida de las nueces. Con el fin de comprobar y validar la eficacia de la cobertura comestible, se procedió al desarrollo de las pruebas químicas para determinar el índice de acidez y peróxidos para cada grupo de nueces con las distintas coberturas químicas comestibles.

Se llevó a cabo un análisis estadístico detallado de la calidad de las nueces de macadamia de la variedad *Tetraphylla* (estilos 1s y 4) mediante el desarrollo de los índices de calidad de acidez y peróxidos a temperaturas de 25°C y 40°C. Los resultados experimentales obtenidos respaldaron la hipótesis de investigación, demostrando que las nueces recubiertas con el *film* comestible de metilcelulosa presentan una mayor estabilidad oxidativa. Este efecto se traduce en una prolongación en el tiempo de vida del producto.

Considerando el enfoque químico de la presente investigación, se sugiere la implementación de metodologías de otros campos científicos con el fin de garantizar la preservación de la calidad física y organoléptica de las nueces de macadamia, con el propósito específico de orientar su aplicación comercial, cuidando, en primera instancia, la salud del consumidor.

ABSTRACT

Based on the issue presented by a guatemalan enterprise concerning the susceptibility of macadamia nuts to rancidity nearing their expiration, a pioneering industrial technique was developed to address this concern. Oxygen, a primary contributor to lipid oxidation and subsequent rancidity, was targeted through the formulation of a methylcellulose and glycerol plasticizer coating. This intervention aimed to prolong the nuts' shelf life. To ascertain the efficacy of this edible coating, rigorous chemical analyses were conducted, assessing acidity and peroxide levels across various nut groups subject to different edible chemical coatings.

A meticulous statistical assessment was conducted on *Tetraphylla macadamia* nuts (styles 1s and 4), evaluating acidity and peroxide indices at both 25°C and 40°C. Experimental findings substantiated the research hypothesis, revealing enhanced oxidative stability in nuts treated with the methylcellulose edible film. This fortification translated into a noteworthy extension of product longevity.

In light of the chemical orientation of this inquiry, the integration of methodologies from disparate scientific domains is advocated to ensure the preservation of macadamia nut quality, prioritizing both the physical integrity and organoleptic properties. This strategic direction aims to facilitate their commercial application while safeguarding consumer health.

INTRODUCCIÓN

La nuez de macadamia es un fruto oleaginoso, el cual está conformado por una cáscara externa (pericarpio) y la semilla en el interior (concha). El pericarpio contiene como mínimo 45% de humedad y constituye alrededor del 50% de su peso total al ser cosechada (Bungay, 2018). La nuez de macadamia está compuesta en su mayor parte por lípidos, aproximadamente tres cuartas partes de su peso en grano. Sin embargo, la excesiva producción de lípidos y ácidos grasos, a partir de reacciones químicas de oxidación y estrés oxidativo, causa alteraciones en su sabor y composición, convirtiéndola en un producto rancio y poco agradable para el consumidor. Algunos de los productos químicos de mayor impacto en la calidad de la macadamia son los peróxidos lipídicos y aldehídos, tales como hexanal y nonanal (Quintas, 2011).

Dicho proceso oxidativo, en que se producen los compuestos causantes de la rancidez en productos vegetales, es una reacción irreversible, la cual se divide en tres fases características: iniciación, propagación y terminación. Sin embargo, la industria alimentaria ha implementado alternativas que permiten reducir o contrarrestar el efecto oxidativo, tal como las coberturas y plastificantes comestibles, considerados como películas aislantes del oxígeno que brindan protección microbiana a los alimentos. La aplicación de los mismos ha sido empleada como empaques activos y biodegradables, extendiendo la durabilidad de productos oleaginosos.

I. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Desarrollar coberturas aislantes comestibles aplicada en nueces de macadamia enteras y mitades con el fin de preservar su calidad química.

B. Objetivos específicos

1. Determinar la eficiencia de la cobertura de metilcelulosa y el plastificante sobre la formación de productos que causan oxidación y rancidez en la nuez de macadamia.
2. Comparar los resultados de los índices de calidad (acidez y peróxidos) de las nueces de macadamia sin la cobertura comestible y con la cobertura comestible de metilcelulosa y plastificante de glicerol.

II. JUSTIFICACIÓN

La nuez de macadamia, un fruto oleaginoso, ha sido ampliamente comercializada durante los últimos años debido a su aporte en la reducción de los niveles de colesterol en plasma, así como por su riqueza en aceites, ya que es la nuez con más altos niveles de ácidos grasos monoinsaturados. Sin embargo, debido a su alto contenido en aceites, se encuentra en constante exposición a factores que catalizan reacciones oxidativas que causan rancidez, lo cual resulta perjudicial para su comercialización en Guatemala y los consumidores. Cabe resaltar que esta problemática no es propia de la nuez de macadamia sino también de algunas otras nueces, frutas, verduras e incluso quesos; por lo que, a principios del siglo XII y XIII, en China, se implementó una solución para mantener la calidad y el sabor de los alimentos mediante el uso de ceras para reducir la pérdida de agua en cítricos. En la actualidad, las coberturas comestibles son utilizadas en variedad de productos, por lo que resultan ser una solución para reducir la oxidación de la nuez y extender su tiempo de vida. En el presente estudio, se aprovechó el alto potencial de inhibición de penetración del oxígeno y humedad de la metilcelulosa para incrementar la resistencia química e incluso microbiológica de la nuez. Asimismo, el glicerol brinda una doble protección al producto oleaginoso, contribuyendo a su humectación. De tal forma, la cobertura comestible de metilcelulosa y glicerol actuará como empaque activo e incluso biodegradable, aumentando la durabilidad de la nuez para su comercialización y consumo.

III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿La aplicación de la doble capa aislante en las nueces de macadamia resultará contraproducente o favorable para la composición química de la nuez?
- ¿Se obtendrán índices menores de acidez y peróxidos en las nueces con coberturas comestibles de metilcelulosa o glicerol en comparación con aquellas nueces sin cobertura?

IV. HIPÓTESIS

A. Hipótesis nula

Las nueces de macadamia de la variedad comercial, recubiertas por el *film* comestible de metilcelulosa o plastificante de glicerol, no presentan mayor estabilidad oxidativa, obtenida por medio de los índices químicos de acidez y peróxidos, en comparación con las nueces sin cobertura.

B. Hipótesis alternativa

Las nueces de macadamia de la variedad comercial, recubiertas por el *film* comestible de metilcelulosa o plastificante de glicerol, presentan mayor estabilidad oxidativa, obtenida por medio de los índices químicos de acidez y peróxidos, en comparación con las nueces sin cobertura.

V. MARCO TEÓRICO

A. La nuez de macadamia y su origen

La macadamia es un producto oleaginoso originario de zonas subtropicales de Australia cuya comercialización se ha extendido hacia el sur de África, Hawaii, Kenya, Brasil y Guatemala. Se conocen tres especies: *M.integrifolia*, *M. ternifolia* y *M. tetraphylla* (Wall, 2013). Las que han sido comercializadas para el consumo son *M.integrifolia* y *M. tetraphylla*. La variedad *M. integrifolia* presenta la mayor composición de aceites en comparación con las demás, cuyo rango se encuentra entre 68% y 79% de aceite. Además de ser un producto de gran aceptabilidad por el consumidor, presenta variedad de propiedades para el organismo, entre las cuales destaca su capacidad para reducir los niveles de colesterol en sangre y prevenir enfermedades cardiovasculares.

B. Composición química de la nuez de macadamia

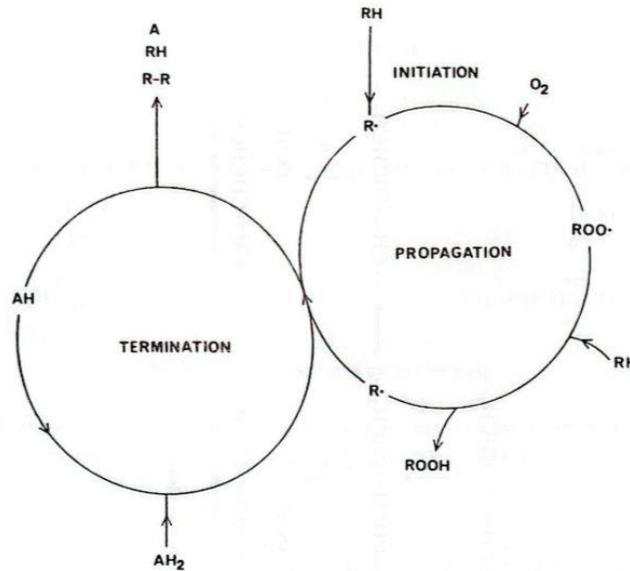
La nuez de macadamia presenta una alta composición de ácidos grasos insaturados (83-85%) y ácidos grasos saturados (15-17%); entre los cuales predominan los ácidos palmíticos (7-9%), palmitoleico (18-23%) y oleicos (56-65%). Dichos aceites, son biopolímeros que conforman el grupo de los lípidos. Los lípidos constituyen un grupo químico reconocido por ser insoluble en agua. Son empleados como un mecanismo de almacenamiento de energía en organismos mediante los ácidos grasos presentes. Estos son derivados hidrocarbonados que presentan insaturaciones en la cadena carbonada en un patrón característico. Se clasifican en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, según el número de insaturaciones presentes. En la macadamia, se presenta mayor abundancia de ácidos grasos poliinsaturados, aproximadamente 63.3%, volviéndola más vulnerable a oxidarse, promoviendo la aparición de aromas y sabores rancios que afectan la aceptabilidad del producto por el consumidor (Bungay, 2018; Quintas, 2015; Santizo, 2015).

C. Oxidación lipídica

La oxidación lipídica consiste en un conjunto de reacciones químicas que conllevan el deterioro de los lípidos y ocurre a partir de mecanismos autocatalíticos de los radicales libres de las moléculas involucradas, es decir, un proceso de autooxidación lipídica (véase figura 1) (Shahidi & Zhong, 2009; Navarro, 2004). Dicho proceso se divide en fases: iniciación, propagación y terminación. En la fase de iniciación, se remueve un átomo de hidrógeno, perteneciente al grupo metileno, posicionado entre dos insaturaciones propias de un ácido graso, y da como producto un radical de carbono. La fase de iniciación se propicia por el aumento de insaturaciones, razón de la alta susceptibilidad ante la oxidación por parte de la nuez de macadamia, debido a la composición de ácidos poliinsaturados (Paredes, 2004).

En la fase de propagación, el radical, formado en la etapa anterior, sufre un rearrreglo con el oxígeno para producir un radical peroxilo de alta reactividad que propicia reacciones en cadena que producen hidroperóxidos lipídicos y radicales carbonados, susceptibles al efecto de la luz y la presencia de oxígeno. La fase de culminación o terminación consiste en la reacción entre los productos de fases anteriores en que los radicales libres, en ausencia de oxígeno, reaccionan entre sí para dar productos de mayor estabilidad y productos secundarios (cetonas, alcoholes, alcanos y aldehídos). La oxidación de los productos secundarios puede ocasionar cambios drásticos negativos sobre la calidad y valor nutrimental de los alimentos (Ibarretxe & Masana, 2021; Paredes, 2004; Terevinto, 2010).

Figura 1. Ruta clásica de radicales libres en aceites.



Nota. Adaptada de Hamilton (1994).

D. Oxidación controlada e índices de calidad

La reacción de oxidación puede requerir de un largo período de tiempo de observación, por lo que en diversas ocasiones se recurre a técnicas de oxidación acelerada para disminuir el tiempo de estudio de la muestra. Las pruebas de oxidación acelerada consisten en un procedimiento de aumento de presión del oxígeno y de la temperatura en el interior de una cámara, lo cual permite agilizar la evolución de la oxidación de la composición química de la muestra y mantener una estabilidad oxidativa para el objeto de análisis. Esta técnica ha permitido predecir el tiempo de vida de un producto, así como la detección de antioxidantes de una muestra específica; siendo aplicable en análisis de productos oleaginosos como la nuez de macadamia (Skoog & West, 2002).

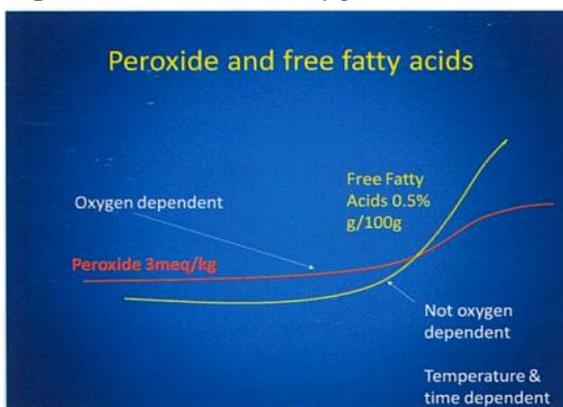
Debido a la problemática de la oxidación lipídica en alimentos y el impacto que la misma tiene sobre el consumidor y sobre el mercado, las normativas establecidas por la IUPAC, AOCS y la ISO (Grosso, 2018), han permitido proponer métodos de estandarización propios para conllevar análisis de la composición y calidad de los

aceites vegetales. Entre ellos se mencionará dos técnicas que se pretenden desarrollar en el trabajo de tesis presente, siendo estas las siguientes:

- Índice de peróxidos
- Índice de acidez (Gertz, 2000).

El índice de peróxido representa el grado oxidativo de grasas insaturadas, el cual se obtiene mediante la proporción de yodo que se libera por parte del yoduro de potasio a causa de la presencia de peróxidos, además, es reconocido internacionalmente como el indicador de rancidez en productos oleaginosos como las nueces de macadamia (Zhang et al., 2021) Según Bungay, un panelista entrenado puede detectar rancidez en nueces de macadamia en 4 meq/kg de aceite (Bungay, 2018). Por consiguiente, el índice de acidez permite expresar cuantitativamente los ácidos grasos libres que se encuentran en el aceite vegetal a partir de la cantidad de hidróxido de potasio que se necesita para llevar a cabo una reacción de neutralización del aceite. Las técnicas mencionadas con anterioridad son utilizadas como punto de partida para la comprensión del estado de un producto y para el desarrollo de metodologías que puedan contrarrestar los efectos de los productos químicos de reacción oxidativa en la nuez de macadamia.

Figura 2. Índice de acidez y peróxidos en aceites.



Nota. Adaptado de Bungay, (2018).

Cuadro 1. *Especificaciones internacionales de calidad de aceites.*

Porcentaje de humedad máxima	1.5
Valor de peróxidos (PV) máximo (meq/kg)	3
Intervalo de peróxido perceptible (meq/kg)	10-20
Porcentaje de ácidos grasos libres máximo	0.5

Nota. Adaptado de Bungay (2018), Quintas (2011) y ONU (1999).

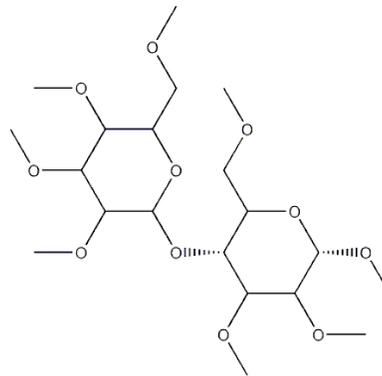
E. Alternativas industriales para la oxidación lipídica

Existen diversas alternativas que actúan sobre la reacción de oxidación lipídica para mantener la calidad de los productos oleaginosos, entre ellas se encuentran las cadenas de frío, el empaquetado al vacío o con nitrógeno gaseoso y las coberturas o *films* comestibles. Con respecto a las coberturas, se tiene registro de su uso en la cultura China desde el siglo XII, en que empleaban ceras para reducir la deshidratación de cítricos debido a que actúan como protectores comestibles de alimentos; sin embargo, las coberturas pueden ser elaboradas para distintas funciones. En la actualidad, las coberturas comestibles suelen desarrollarse a partir de formulaciones de biopolímeros, permitiendo, en la mayoría de los casos, aumentar las propiedades nutricionales y organolépticas del producto, evitar pérdidas de alimentos por su alta resistencia por sus propiedades mecánicas, presentan estabilidad ante variedad de condiciones de almacenamiento y son alternativas de bajo costo para fabricación y aplicación en los productos. En este caso particular, la cobertura comestible puede emplearse como un método para el aislamiento del oxígeno, disminuyendo el intercambio gaseoso entre el medio de almacenamiento y el alimento (Caballero, 2021).

F. Metilcelulosa - propiedades físicas y químicas

La metilcelulosa (abreviado como MC) es un polímero de celulosa sustituida de cadena larga conocido por ser un producto de la glucosa de la celulosa cuyos tres grupos hidroxilo sufren metilaciones, su fórmula molecular es $C_{20}H_{38}O_{11}$ (figura 3). Este polvo blanquecino e inodoro presenta un peso molecular de 454.51 g/mol, con un punto de ebullición entre 290 y 305°C, y una densidad de 1.01 g/cm³ a 70°C. La metilcelulosa es un compuesto soluble en agua a temperaturas bajas, adquiriendo propiedades coloidales con viscosidad de 10-15,000 cP, es insoluble en agua caliente, acetona y tolueno (National Center for Biotechnology Information, 2023).

Figura 3. Estructura química de la metilcelulosa.



Nota. Adaptado de National Center for Biotechnology Information (2023).

G. Metilcelulosa y su uso en la industria alimenticia

El polímero a utilizar para la elaboración de la cobertura es la metilcelulosa (MC), un derivado de la celulosa obtenida por medio de un proceso de metilación del 30% de sus grupos hidroxilo que se considera un excelente agente para la formación de coberturas debido a que su estructura lineal le permite ser más flexible y resistente en una composición, además de ser incoloros e inodoros (Sales et al., s. f.), lo cual contribuye a mantener la calidad y apariencia de la nuez de macadamia. El MC es un compuesto hidrofílico, por lo que tiende a presentar resistencia ante aceites y solventes

orgánicos no polares, presenta un alto potencial inhibitorio ante la posible penetración de oxígeno y moléculas de agua en el producto que protege (Navarro, 2010).

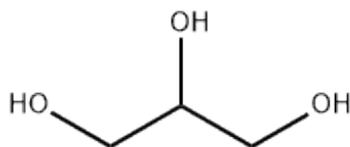
La metilcelulosa fue catalogada como un aditivo alimenticio de baja toxicidad por el comité mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios de la JECFA, conformado por la FAO y la OMS. Asimismo, fue reconocida como un componente Generalmente Reconocida como Segura (GRAS, por sus siglas en inglés) según el título 21 del Código de Regulaciones Federales de Estados Unidos para su Administración en Alimentos y Medicamentos, igualmente aprobada como aditivo alimentario (E461) por la Unión Europea para su uso en la industria alimenticia (Wolff, 2011).

La ACNFP (Advisory Committee on Novel Foods and Processes) reportó el consumo de metilcelulosa desde 1950, señalando que el uso de MC como aditivo en alimentos añade contenido en fibra a los mismos sin dañar la absorción vitamínica por el tracto digestivo. De igual forma, afirma que el consumo de la misma no debe exceder a los 6 g al día para evitar procesos laxantes en el sistema digestivo (Novel Foods Unit, 2012).

H. Glicerol - propiedades físicas y químicas

El propano-1,2,3-triol, más conocido como glicerol (Glo), es un compuesto perteneciente al grupo de los alcoholes cuya estructura presenta tres grupos hidroxilo (-OH) y su fórmula química es $C_3H_8O_3$ (figura 4). Este se presenta como un líquido incoloro, inodoro e higroscópico con un peso molecular de 92.09 g/mol, un punto de ebullición de 290°C y una densidad de 1.2613 g/cm³ a 25°C. El glicerol es un compuesto miscible en agua, etanol y poco soluble en éter, insoluble en aceites volátiles. Presenta una viscosidad de 954 cP a 25°C.

Figura 4. Estructura química del glicerol.



Nota. Adaptado de National Center for Biotechnology Information (2023).

I. Glicerol y su uso en la industria alimenticia

Uno de los componentes principales en el desarrollo de *films* o coberturas comestibles son los plastificantes, los cuales son compuestos de carácter no volátil y que presentan un punto de fusión alto cuando se emplean como aditivos, así también se caracterizan por su capacidad de acoplamiento ante otras sustancias, cambiando sus propiedades físicas e incluso mecánicas. Algunos de los plastificantes más utilizados son el glicerol y el sorbitol. Para fines experimentales, se ha seleccionado el glicerol como plastificante a causa de sus propiedades humectantes y la estabilidad que brinda a la cobertura de polímero debido a su tendencia de interacción con enlaces de hidrógeno (Rojas et al., 2021).

El glicerol, reconocido como un aditivo alimentario cuyo código es E422, cuyo registro legal en la industria se realizó en julio del año 2023. Este es un subproducto purificado de la producción del biodiésel, presentando una baja toxicidad aguda, además, fue aprobado por la FDA en el capítulo I, subcapítulo B, título 21 como componente seguro para su uso como material de empaque para alimentos cuyo porcentaje no debe exceder al 0.2% en peso de una mezcla de butanetrioles (Diario Oficial de la Unión Europea, 2023; FDA, 2023; Azelee et al., 2019).

J. Análisis estadístico de Anova de un factor

El análisis de Anova de un factor se considera como una técnica de gran utilidad que permite la comparación entre dos conjuntos de muestras con mediciones repetidas con el fin de estudiar el efecto entre los tratamientos. De igual forma, el análisis de Anova abre campo al estudio de la variación de una variable respuesta con respecto a

factores discretos. Para el desarrollo de este método es necesario el cumplimiento de requisitos tales como la independencia propia de las observaciones que conforman la muestra aleatoria, las muestras deben cumplir con una distribución normal y con igual desviación estándar, la variable catalogada como dependiente debe presentarse en intervalos, así como varianzas idénticas entre grupos (Dagnino, 2014).

K. Gráfico de probabilidad normal o gráfico de residuos

El gráfico de probabilidad normal corresponde a un análisis estadístico para evaluar el supuesto de normalidad en los datos correspondientes de una muestra que, cuando el supuesto se cumple, el menor residual estandarizado presenta un valor similar al del menor punto normal y debe aplicarse para cada uno de los puntos residuales del gráfico. Asimismo, los residuales deben presentarse distribuidos de forma aproximadamente normal sobre la línea recta de 45° que cruza el punto de origen en el eje x (Anderson et al., 2012).

L. Prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis (KW)

La prueba de Kruskal-Wallis es un análisis estadístico destinado a muestras aleatorias independientes para un número definido de poblaciones, la cual puede ser utilizada como análisis ordinal y cuantitativos cuyas poblaciones no requieren el cumplimiento de una distribución normal. Para el desarrollo de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis se plantea como hipótesis nula que las poblaciones involucradas en el análisis son idénticas entre sí. Esta técnica estadística no necesita del cumplimiento de supuestos con respecto a la distribución correspondiente del número de poblaciones (k) (Anderson et al., 2012).

M. Prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW)

La prueba de no paramétrica Mann-Whitney-Wilcoxon es empleada como herramienta estadística para el análisis de la diferencia entre dos poblaciones

conformadas por muestras de carácter independiente. En ella se establece como hipótesis nula la igualdad en forma entre dos poblaciones, la cual es rechazada si el valor p calculado es menor o igual al nivel de significancia del estudio (Anderson et al., 2012).

N. Prueba estadística Dunn *post hoc*

La prueba de Dunn es una herramienta estadística la cual emplea los resultados obtenidos por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para conllevar un proceso de evaluación basado en las discrepancias observadas entre los rangos promedio de múltiples grupos de estudio (Anderson et al., 2012).

VI. METODOLOGÍA

A. Variables

Cuadro 2. *Variables consideradas para el desarrollo del film comestible y plastificante aplicado a nueces de macadamia de la variedad Tetraphylla.*

<i>Variable</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operacional</i>
Tipo de corte o estilo	Se refiere en grandes rasgos al tamaño de la nuez al finalizar el proceso de quiebre y secado, el cual permite clasificar las nueces en categorías numéricas según qué tan completas se encuentren estas.	Se evaluó la eficacia de la cobertura para aislar el oxígeno en dos tipos de corte de nuez de macadamia, mayoritariamente con el estilo 1s (nuez entera) y estilo 4 (mitades de nuez).
Temperatura	Se refiere a la propiedad física termodinámica que indica el nivel de energía térmica que presenta un cuerpo (Skoog & West, 2002).	Se consideró dos temperaturas distintas para la evaluación de la efectividad del conjunto de coberturas comestibles en las nueces de macadamia de estilo 1s y 4.
Cobertura comestible	Se refiere a los distintos recubrimientos de origen natural o sintético que brindan protección a los alimentos ante distintos factores que puedan alterar sus características organolépticas (Solano et al., 2018).	Las muestras de nuez de macadamia fueron recubiertas con tres distintos tipos de coberturas y plastificantes sintéticos, con el fin de comparar su capacidad protectora ante la oxidación lipídica.

B. Recolección de datos

Posterior a la aplicación de la cobertura comestible, elaborado a partir de metilcelulosa y glicerol como plastificante, se llevó a cabo un proceso de extracción de aceite para el grupo de nueces de macadamia con cobertura y el grupo sin cobertura. Luego, se realizó un proceso de análisis químico para la obtención de los índices de calidad (acidez y peróxidos) y comprobar la eficacia del *film* comestible en el producto proveído por la empresa Alimentos Selectos de Guatemala.

C. Análisis estadístico

Se empleó el diseño estadístico de Anova de un factor con el fin de verificar la normalidad entre los datos obtenidos para el conjunto de las siguientes muestras:

- Tipo de corte (nuez estilo 1s – entera, nuez estilo 4 – mitades)
- Tipo de cobertura que se le aplicará (grupo control, grupo con metilcelulosa, glicerol, metilcelulosa y glicerol)
- Temperaturas de análisis (25°C y 40°C)

Ecuación 1. *Modelo de Anova de un factor.*

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} es una variable aleatoria a la ij -ésima observación.

i es el tratamiento.

j es la observación.

μ es la media global.

τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento.

Nota. Adaptada de Mendenhall & Beaver (2010).

En caso de que no se cumpla con una distribución normal se conllevará el desarrollo de la prueba de Kruskal-Wallis con el fin de comprobar la igualdad de medias entre dos poblaciones, respaldada con la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon para la comparación de dos poblaciones y la prueba estadística Dunn post hoc para el análisis de múltiples poblaciones independientes.

Ecuación 2. *Modelo de prueba de Kruskal-Wallis.*

$$H = \left[\frac{12}{n_{\tau}(n_{\tau} + 1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n_{\tau} + 1)$$

k = número de grupos.

n_{τ} = número total de sujetos.

n_i = número de sujetos en cada grupo.

R_i = suma de los rangos en cada grupo.

$\sum_{i=1}^k$ = sumatoria de los k grupos.

Adaptada de Anderson (et al., 2012).

Ecuación 3. *Modelo de prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon.*

$$\mu_w = \frac{1}{2} n_1 (n_1 + n_2 + 1)$$

$$\sigma_w = \sqrt{\frac{1}{12} n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}$$

μ_w = media de Mann-Whitney-Wilcoxon

$n_{1,2}$ = tamaño de muestra

σ_w = desviación estándar de Mann-Whitney-Wilcoxon

Nota. Adaptada de Anderson (et al., 2012).

Ecuación 4. Modelo y ecuaciones relacionadas para la comparación de grupos por medio de la prueba de Dunn post hoc.

$$y_i = \bar{W}_A - \bar{W}_B$$

$$\bar{W}_i = \frac{W_i}{n_i}$$

$$z_i = \frac{y_i}{\sigma_i}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\left\{ \frac{N(N+1)}{12} - \frac{\sum_{s=1}^r \tau_s^3 - \tau_s}{12(N-1)} \right\} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}$$

W_i = suma de rangos.

n_i = tamaño de muestra.

A, B = grupos de análisis.

σ_i = desviación estándar de y_i .

i = valores del 1 a m para múltiples comparaciones.

N = número total de observaciones en los grupos.

r = número de rangos emparejados.

τ_s = número de observaciones emparejadas en el valor específico s .

Nota. Adaptada de Dinno (2015).

D. Materiales y métodos

Cuadro 3. *Reactivos, materiales y equipo necesarios para la extracción del aceite de macadamia para la evaluación de los índices de calidad de la nuez.*

<i>Materiales y cristalería</i>	<ul style="list-style-type: none">• Nueces de macadamia de la variedad <i>tehtraphylla</i> (sin <i>film</i> y con <i>film</i>) entera y mitades.• Beakers• Viales• Prensa metálica• Centrífuga
<i>Reactivos</i>	No aplica
<i>Equipo</i>	<ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica

1. Quebrar las nueces hasta formar una capa en el contenedor de la prensa y colocar el punzón.
2. Posicionar el recipiente en la prensa y presionar la palanca hasta prensar las nueces contenidas.
3. Colectar el aceite empleando una pipeta de plástico en un vial de 15 ml.
4. Centrifugar a 12,000 rpm por aproximadamente 3 minutos.
5. Realizar pruebas empleando el sobrenadante por triplicado (Martínez & Mereles, 2017).

Cuadro 4. *Reactivos, materiales y equipo necesarios para la evaluación del índice de acidez de la muestra de nueces de macadamia de varios cortes previo y posterior a la aplicación de la barrera protectora superficial.*

<i>Materiales y cristalería</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nueces de macadamia de la variedad <i>tehtraphylla</i> (sin <i>film</i> y con <i>film</i>) entera y mitades.
<i>Reactivos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Micropipeta marca Acumax Pro 1000 μL • Micropipeta 5 μL • Alcohol al 95% • Reactivo de acidez marca Foodlab.
<i>Equipo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo CDR Foodlab

1. Verificar las conexiones propias del equipo, encender el equipo y esperar la autocalibración del mismo.
2. Seleccionar la opción de test de acidez entre un rango de 0.01-0.59 % de ácido oleico.
3. Posicionar las celdas en el equipo CDR y agregar 1000 μL de reactivo para medición de acidez para su respectiva medición en el equipo para cada celda con respecto al número de muestras por triplicado por analizar.
4. Añadir de forma cuidadosa 5 microlitros de muestra de aceite recién extraído empleando una pipeta automática, realizando lavados con alcohol al 95% durante cada extracción.
5. Incubar durante 3 minutos a temperatura ambiente las muestras.
6. Leer muestras en la pantalla del equipo (Martínez & Mereles, 2017).
7. Realizar el mismo procedimiento para el aceite de las nueces con *film* comestible y plastificante, procurando realizarlo inmediatamente.

Cuadro 5. *Reactivos, materiales y equipo necesarios para la evaluación del índice de peróxidos del lote de nueces de macadamia de varios cortes previo y posterior a la aplicación de la barrera protectora superficial.*

Materiales y cristalería	<ul style="list-style-type: none"> • Nueces de macadamia de la variedad <i>tehrapphylla</i> (sin <i>film</i> y con <i>film</i>) entera y mitades. • Micropipeta marca Acumax Pro1000 μL • Micropipeta de 25 μL • Micropipeta de 10 μL
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Reactivo de peróxidos (R1) marca Foodlab • Reactivo de peróxidos (R2) marca Foodlab.
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo CDR Foodlab.

1. Verificar las conexiones propias del equipo, encender el equipo y esperar la autocalibración del mismo.
2. Seleccionar la opción de test de peróxidos entre un rango de 0.3 y 11 meqO₂/Kg.
3. Posicionar las celdas en el equipo CDR y agregar 1000 μL de reactivo R1 junto con 25 μL de extracto de aceite para medición de peróxidos para su respectiva medición en el equipo para cada celda con respecto al número de muestras por triplicado por analizar, realizando lavados con alcohol al 95% durante cada extracción.

4. Incubar durante 3 minutos a temperatura ambiente las muestras.
5. Leer muestras en la pantalla del equipo.
6. Adicionar reactivo colorante (R2) a las celdas, homogeneizar y leer en el equipo nuevamente.
7. Realizar el mismo procedimiento para el aceite de las nueces con *film* comestible y plastificante, procurando realizarlo inmediatamente (Martínez & Mereles, 2017).

Cuadro 6. *Reactivos, materiales y equipo necesario para la determinación del porcentaje de humedad en nueces de macadamia de varios cortes previo y posterior a la aplicación de la barrera protectora superficial.*

<i>Materiales y cristalería</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nueces de macadamia de la variedad <i>tetraphylla</i> (sin <i>film</i> y con <i>film</i>) entera y mitades. • Triturador • Espátula
<i>Reactivos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • No aplica
<i>Equipo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza de humedad marca Metler Toledo modelo HR83 Halogen

1. Encender la balanza termodinámica y seleccionar el método preestablecido a 105°C hasta alcanzar un peso constante.
2. Pesar 5 gramos de muestra triturada, colocar en el platillo de aluminio propio de la balanza termogravimétrica y distribuir uniformemente en el platillo.
3. Cerrar la tapa de la balanza y presionar el botón Start.
4. Anotar el porcentaje de humedad que aparece en la pantalla de la balanza (Martínez & Mereles, 2017).

Cuadro 7. *Reactivos, materiales y equipo necesario para el desarrollo del proceso de estabilización de temperatura de 25(±3)°C y 40(±3)°C para las nueces de macadamia de varios cortes previo y posterior a la aplicación de la barrera protectora superficial.*

Materiales y cristalería	<ul style="list-style-type: none"> Nueces de macadamia de la variedad <i>tetraphylla</i> entera y mitades, sin cobertura y con la cobertura de metilcelulosa, glicerol, y la combinación de ambas.
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> Planchas No aplica
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> Horno marca Premlab

1. Posicionar las nueces por lotes en bandejas previamente identificadas por grupos: sin barrera protectora, metilcelulosa, glicerol, metilcelulosa + glicerol.
2. Someter los grupos en conjunto a una temperatura entre 25(±3)°C durante 30 días.
3. Realizar el paso 2 con el siguiente grupo de nueces a 40(±3)°C durante 30 días.
4. Conllevar los pasos anteriores para ambos estilos de corte (1s y 4) con los distintos ensayos de coberturas de metilcelulosa, glicerol y la combinación de ambos.

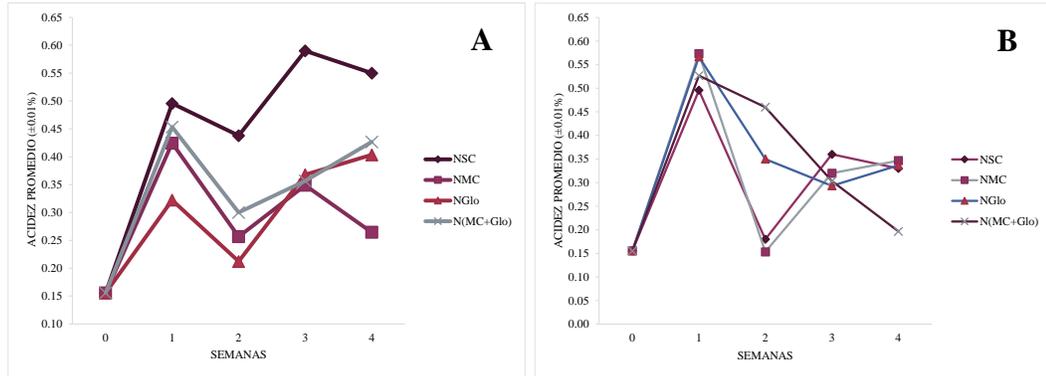
Cuadro 8. *Reactivos, materiales y necesarios para la elaboración del film comestible de metilcelulosa y plastificante de glicerol.*

<i>Materiales y cristalería</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nueces de macadamia de la variedad tehtraphylla entera y mitades.
<i>Reactivos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Beakers • Agitador magnético • Metil-celulosa grado comercial marca Unipharma • Glicerol grado comercial marca Quimiprova al 99.5% • Agua destilada
<i>Equipo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica marca Metler Toledo modelo PB3002 Delta Range con capacidad de 3100.00 (± 0.01) g • Estufa marca ThermoScientific • Horno marca Premlab.

1. Para la preparación del plastificante, pesar 5 gramos de glicerol y diluir en 100 mL de agua destilada en un beaker previamente esterilizado.
2. Someter la solución a agitación constante durante 15 minutos.
3. Llevar la solución a 70°C, continuando con la agitación, durante 15 minutos.
4. Dejar enfriar a temperatura ambiente y sumergir las nueces en la mezcla durante 1 minuto.
5. Secar a 40°C hasta obtener humedades inferiores al 2% en cada muestra (Arrieta et al., 2018).
6. Para el desarrollo de la cobertura comestible, preparar en un beaker previamente esterilizado una solución de 1% de MC y agua destilada.
7. Disolver durante 30 a 45 minutos de forma constante.
8. Colocar en baño desgasificador para eliminar burbujas de aire.
9. Sumergir aproximadamente 1 kg de nueces de macadamia en la solución de MC desgasificada durante 5, revolver durante 5 minutos para asegurar la cobertura completa de las nueces.
10. Secar a 40°C hasta obtener humedades inferiores al 2% en cada muestra (Martínez & Mereles, 2017).

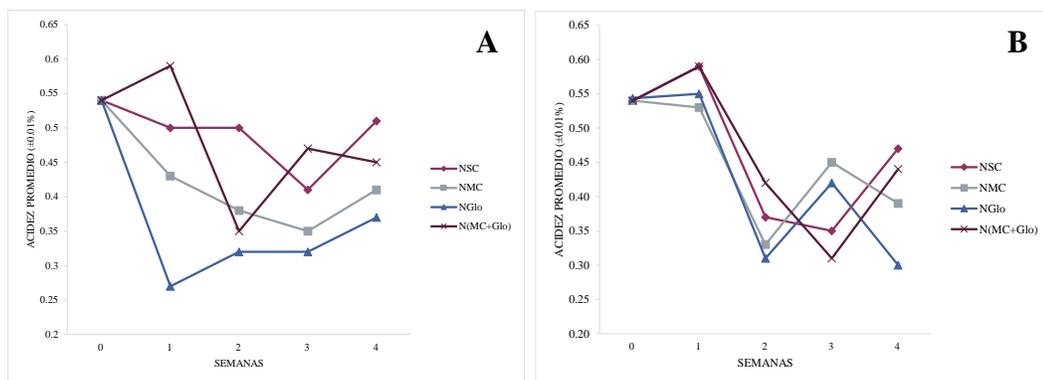
VII. RESULTADOS

Figura 5. Comportamiento de la cantidad de ácidos grasos (porcentaje de acidez) a través del tiempo para las nueces del estilo 1s con las distintas coberturas a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.



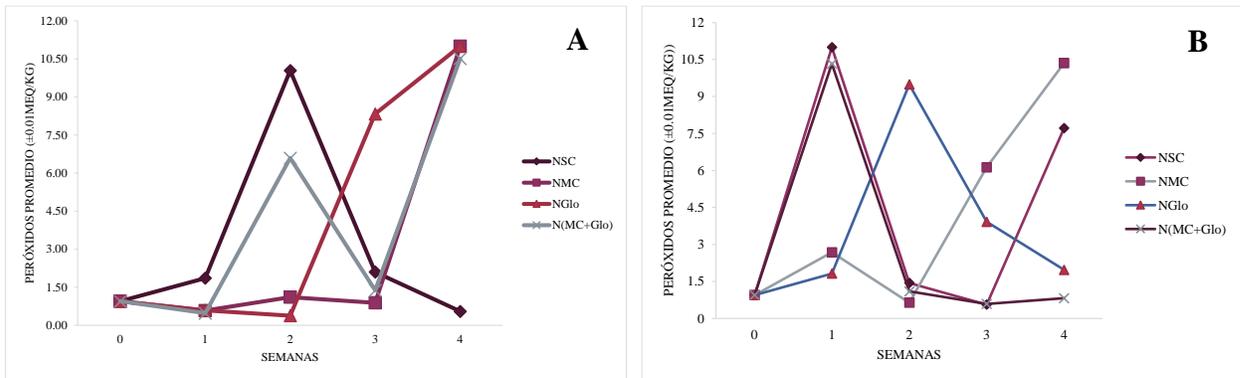
Nota. Elaboración propia. A) Experimentación desarrollada a una temperatura de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$. B) Experimentación a una temperatura de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$. Se visualiza el comportamiento del índice de acidez a lo largo de cuatro semanas para cada uno de los distintos grupos de nueces de macadamia con las distintas coberturas químicas comestibles desarrolladas.

Figura 6. Comportamiento de la cantidad de ácidos grasos (porcentaje de acidez) a través del tiempo para las nueces del estilo 4 con las distintas coberturas a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.



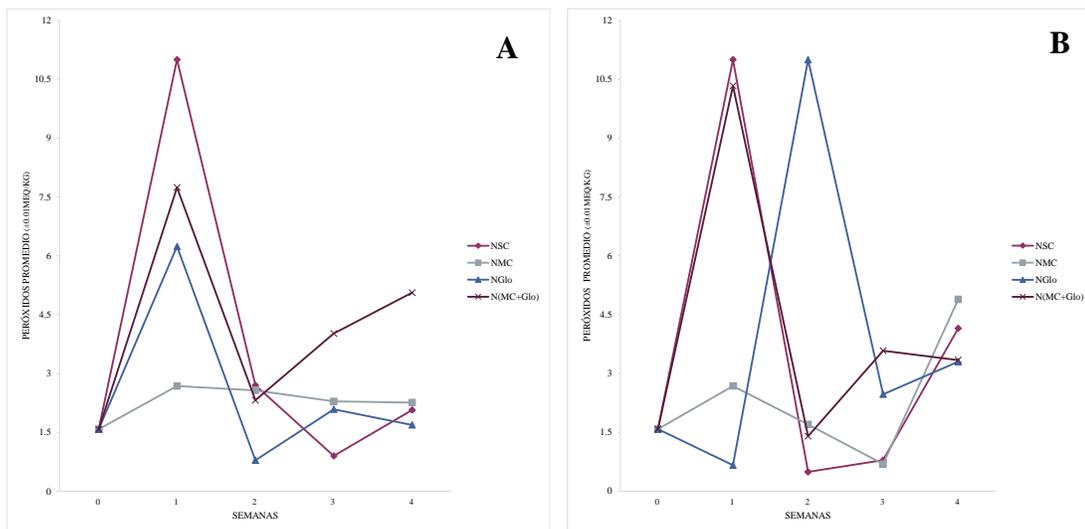
Nota. Elaboración propia. A) Experimentación desarrollada a una temperatura de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$. B) Experimentación a una temperatura de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en donde se visualiza el comportamiento del índice de acidez a lo largo de cuatro semanas para cada uno de los distintos grupos de nueces de macadamia con las distintas coberturas químicas comestibles desarrolladas.

Figura 7. Comportamiento del valor de peróxidos a través del tiempo para las nueces del estilo 1s con las distintas coberturas a 25(±3)°C y 40(±3)°C.



Nota. Elaboración propia. A) Experimentación desarrollada a una temperatura de 25(±3)°C. B) Experimentación a una temperatura de 40(±3)°C en donde se visualiza el comportamiento del índice de peróxidos a lo largo de cuatro semanas para cada uno de los distintos grupos de nueces de macadamia con las distintas coberturas químicas comestibles desarrolladas.

Figura 8. Comportamiento del valor de peróxidos a través del tiempo para las nueces del estilo 4 con las distintas coberturas a 25(±3)°C y 40(±3)°C.



Nota. Elaboración propia. A) Experimentación desarrollada a una temperatura de 25(±3)°C. B) Experimentación a una temperatura de 40(±3)°C en donde se visualiza el comportamiento del índice de peróxidos a lo largo de cuatro semanas para cada uno de los distintos grupos de nueces de macadamia con las distintas coberturas químicas comestibles desarrolladas.

Cuadro 9. Análisis de las diferencias significativas entre la comparativa de cada cobertura a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ para los índices de calidad de acidez y peróxidos evaluados durante cuatro semanas para las nueces de macadamia del estilo 1s y estilo 4.

		<i>Sin cobertura (SC)</i>	<i>Metilcelulosa (MC)</i>	<i>Glicerol (Glo)</i>	<i>Glo+MC</i>
<i>Índice de acidez</i>	<i>Estilo 1s</i>	Sí	No	No	No
	<i>Estilo 4</i>	No	No	No	No
<i>Índice de peróxidos</i>	<i>Estilo 1s</i>	No	No	No	No
	<i>Estilo 4</i>	No	No	No	No

Nota. El resultado subrayado corresponde a una diferencia significativa entre dicha cobertura a las dos temperaturas de análisis. Obtenido a partir del desarrollo de pruebas estadísticas adjuntas en la sección D de Anexos (cuadros 19-34).

Cuadro 10. Análisis de las diferencias significativas en los índices de calidad de acidez y peróxidos evaluados para el conjunto de nueces de macadamia del estilo 1s y estilo 4 a temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C.

Índice de calidad	Temperatura	Semana	Metilcelulosa (MC)		Glicerol (Glo)		Glo+MC	
			Estilo 1s	Estilo 4	Estilo 1s	Estilo 4	Estilo 1s	Estilo 4
Índice de acidez	25(±3)°C	S1	No	No	Sí	No	No	No
		S2	Sí	No	Sí	No	No	No
		S3	Sí	No	No	No	Sí	No
		S4	Sí	No	No	Sí	No	No
	40(±3)°C	S1	Sí	Sí	No	No	No	No
		S2	No	No	No	No	Sí	No
		S3	No	No	No	No	No	No
		S4	No	No	No	Sí	Sí	No
Índice de peróxidos	25(±3)°C	S1	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No
		S2	Sí	No	Sí	Sí	No	No
		S3	Sí	No	No	No	No	Sí
		S4	Sí	No	Sí	No	No	Sí
	40(±3)°C	S1	Sí	No	Sí	Sí	No	No
		S2	Sí	No	No	Sí	No	No
		S3	Sí	No	No	No	No	Sí
		S4	No	No	No	No	Sí	No

Nota. El resultado subrayado corresponde a una diferencia significativa entre dicha cobertura a las dos temperaturas de análisis. Obtenido a partir del desarrollo de pruebas estadísticas adjuntas en la sección E de Anexos (cuadros 35-74).

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El principal objetivo de la presente investigación consistió en desarrollar coberturas aislantes y comestibles capaces de preservar la calidad química de las nueces de macadamia de la variedad de *Tetraphylla* (enteras (estilo 1s) y mitades (estilo 4)). Para ello, fue necesaria la evaluación de los distintos índices de calidad utilizados en la actualidad para la evaluación del estado oxidativo de productos oleaginosos, tal como la nuez de macadamia, siendo estos los índices de calidad de acidez y peróxidos. Tales análisis químicos, en conjunto con una serie de cálculos estadísticos, permitieron visualizar gráficamente el comportamiento de los productos propensos a sufrir reacciones de oxidaciones. Los grupos de análisis fueron sometidos a temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante cuatro semanas con el fin de comprobar la eficacia de las capas aislantes a distintas temperaturas. Dichos análisis permitieron brindarle un enfoque comparativo al presente estudio, contrastando los índices de calidad de los grupos de nueces de macadamia de ambos estilos con respecto a aquellos que fueron recubiertos por alternativas comestibles de metilcelulosa (MC), glicerol (Glo) y la combinación entre ambas para una doble capa protectora.

En las figuras 5 y 6, se muestra el comportamiento del contenido de ácidos grasos de la nuez de macadamia de ambos estilos de corte, obtenido a partir de la medición del índice de calidad del porcentaje de acidez. A una temperatura de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, el grupo control de nueces de macadamia tiende a aumentar su porcentaje de acidez promedio a través del tiempo para el estilo 1s y el estilo 4. Sin embargo, las líneas de tendencia de crecimiento del porcentaje de acidez promedio para los grupos de nueces que presentan las coberturas comestibles desarrolladas (MC, Glo y ambas) demuestran una tendencia de crecimiento menor en comparación con el grupo control. Ahora bien, los grupos de análisis de nueces de macadamia a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, considerando que fueron muestreados del mismo empaque y sometidos a las mismas condiciones de temperatura y humedad durante cuatro semanas, presentan un porcentaje de acidez promedio inicial en común. Los puntos finales, los porcentajes de acidez promedio al finalizar el período de cuatro semanas, difirieron entre sí y pudo distinguirse de forma visual que los valores obtenidos para dicho índice de calidad en muestras de nueces de macadamia con cobertura de metilcelulosa y plastificante de glicerol son menores con respecto al obtenido por el grupo control.

Por lo que se refiere a la representación gráfica del comportamiento en el contenido de ácidos grasos, medición del índice de calidad del porcentaje de acidez promedio, a través del tiempo para las nueces del estilo 1s y estilo 4 sometidas a una temperatura de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante un período

experimental de cuatro semanas y cuyo valor de acidez promedio inicial comparten entre sí, se observan tendencias en el comportamiento del porcentaje de acidez similares a través del tiempo, considerando que pudo alterar el factor de la temperatura en el análisis de los grupos de nueces de Macadamia, debido a que éste funciona como un catalizador de las reacciones de oxidación. Sin embargo, los puntos que representan el porcentaje de acidez promedio final difieren entre sí, siendo visualmente distinguible que el grupo MC de nueces de macadamia presentó mayor índice de acidez durante la semana cuatro, siguiéndole el grupo de nueces Glo, el grupo de nueces cubiertas con metilcelulosa y plastificante de glicerol, y el grupo control presentó el índice de acidez menor para el estilo 1s. Ahora bien, en las nueces del estilo 4 cubiertas con MC y Glo mostraron una mayor estabilidad e índices de acidez menores durante las primeras tres semanas de experimentación en comparación con las nueces del grupo SC y con doble capa protectora.

En las figuras 7 y 8 se presenta el comportamiento del contenido de peróxidos durante el tiempo de experimentación para las nueces de macadamia de ambos estilos que, en el caso del comportamiento observado para ambos estilos a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ (véase figura 7A), se visualiza un ascenso del valor de peróxidos para el grupo control hasta alcanzar un pico máximo en el gráfico durante la semana 2 de análisis y luego desciende aproximadamente al punto inicial de peróxidos, en que el grupo con doble capa protectora muestra una tendencia similar con porcentajes promedio de peróxidos menores al grupo control. Mientras que, tanto el grupo con cobertura de metilcelulosa y el grupo con plastificante de glicerol mantuvieron mayor estabilidad con respecto a los valores reportados para el índice de calidad de peróxidos hasta la semana 3, donde ocurrió un aumento para el grupo de nueces con glicerol, a diferencia del grupo de muestras con cubierta de metilcelulosa que presentaron el pico máximo de peróxidos hasta la semana 4 de análisis. Este fenómeno puede ser explicado a partir de las estructuras del glicerol, cuyos grupos hidroxilo libres se unen en la formación de hidroperóxidos (productos secundarios causantes de la rancidez), mientras que la metilcelulosa con grupos metilo libres no reaccionan con los peróxidos presentes, permitiendo una mayor eficacia en la formación de una barrera filmógena protectora ante la oxidación lipídica.

Lo mencionado con anterioridad es aplicable a la figura 8B, cuyos grupos se sometieron a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ por el tiempo establecido, presentando un comportamiento semejante al ensayo a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, en que los picos máximos de valor de peróxidos para los grupos control, con doble capa y glicerol fueron alcanzados durante la semana 1 y 2, siendo visiblemente mayores a los puntos de peróxidos reportados por la metilcelulosa en dicho período de tiempo. Mientras que, los grupos MC y Glo muestran un retraso en la oxidación de los peróxidos, siendo la metilcelulosa la barrera que

presenta una mayor estabilidad en el valor de peróxidos durante el tiempo, cuyo aumento fue perceptible hasta la semana 4 de experimentación y con valores menores a los picos máximos alcanzados por los demás grupos de estudio.

Se considera relevante destacar que, en las figuras 7 y 8, el grupo de nueces de macadamia de los estilos 1s y 4 no exceden el valor de peróxidos en que se percibe la rancidez en el producto durante las primeras tres semanas de experimentación, en contra parte con los demás grupos de estudio. Nótese que, ninguno de los grupos con coberturas protectoras ante la oxidación excede los límites internacionales de peróxidos en aceites vegetales, los cuales son 3 meq/kg (adjunto en cuadro 1) (Bungay, 2018).

Con el objeto de llevar a cabo una evaluación de la efectividad de las coberturas sobre la oxidación lipídica a diversas temperaturas, se desarrolló un conjunto de pruebas no paramétrica a causa del incumplimiento del supuesto de normalidad, demostrado con la prueba de residuos normal de los datos sobre la recta, en donde se logró obtener una comparativa estadística entre las medianas de los resultados del porcentaje de acidez y valor de peróxidos del conjunto de muestras de nueces de macadamia, aplicando las pruebas de Kruskal-Wallis para validar la igualdad de medias entre poblaciones, la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon para la comparación entre dos poblaciones y la prueba de Dun post hoc para encontrar los pares distintos entre múltiples poblaciones independientes. Los resultados indicaron una diferencia estadísticamente significativa únicamente en el grupo control estilo 1s en lo que respecta a la cantidad de ácidos grasos. En el caso de los grupos de nueces con coberturas de MC, Glo y doble capa protectora, tanto para el estilo 1s como para el estilo 4, no se observaron diferencias significativas en ambos índices de calidad evaluados a temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$. Asimismo, en el estilo 4 no se evidenció una diferencia significativa en el grupo control en relación con los índices de calidad de acidez y peróxidos durante el periodo experimental a diferentes temperaturas (véase cuadro 9). No obstante, se registró un aumento significativo en el valor de peróxidos durante la segunda semana en el grupo control del estilo 1s, presentando valores de 1.86 meq/kg a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y 11 meq/kg a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

En lo que respecta a la efectividad de las coberturas desarrolladas y aplicadas al grupo de nueces de macadamia del estilo 1s en comparación con el grupo de nueces control (véase cuadro 10), se destaca una diferencia significativa en la mediana de la cantidad de ácidos grasos libres del grupo MC durante las semanas 2, 3 y 4 sujeto a una temperatura de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$. Dicho hallazgo, respaldado por la figura 5A, evidencia la ventaja química de la cobertura de MC en la reducción de

ácidos grasos en nueces de macadamia a dichas condiciones de análisis, cumpliendo con los límites máximos internacionalmente establecidos para productos vegetales oleaginosos. Ahora bien, en relación con los resultados obtenidos para las nueces de macadamia del estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, a pesar que el grupo cubierto con la combinación entre la cobertura de MC y el plastificante de Glo presentó diferencias significativas en el contenido de ácidos grasos durante las semanas 2 y 4, no se considera una alternativa conveniente para retardar la oxidación lipídica en nueces de macadamia de dicho estilo a altas temperaturas. Este juicio se sustenta en la observación de que, durante la semana 1 de la experimentación, dicho tratamiento excedió el límite máximo permitido según normas internacionales de calidad (figura 5B).

En contraparte, en el índice de peróxidos en nueces de macadamia del estilo 1s a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ se visualizan diferencias significativas entre las medianas de este índice de calidad y el grupo control de nueces. En el cuadro 10 se presenta que el grupo de nueces con cobertura de MC muestra una cantidad de peróxidos en aceite distinta al del grupo control a lo largo del período de experimentación, donde el comportamiento de los peróxidos durante las primeras tres semanas se mantiene por debajo de 3 meq/kg (véase figura 7A); siendo este valor de peróxidos inferior al valor que indica la rancidez en nueces de macadamia. Asimismo, el grupo con cobertura de MC mostró resultados de mayor beneficio ante el retraso de la oxidación al presentar menores índices de peróxidos durante las primeras tres semanas de experimentación a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, para las cuales las primeras dos semanas se mantuvo por debajo del valor en donde se percibe la rancidez.

En el caso del estilo 4 de nueces de macadamia a temperatura estándar, el cuadro 10 muestra que el grupo Glo presenta mayor número de discrepancias significativas con respecto al grupo control, siendo estas durante las semanas 3 y 4 del período experimental. Conjuntamente, en la figura 6A ilustra una tendencia decreciente en la acidez promedio durante la primera semana, siendo el grupo Glo el que presentó menores porcentajes del índice de calidad de acidez durante cada una de las cuatro semanas a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en comparación con los demás grupos de estudio, manteniéndose predominantemente por debajo del valor máximo de calidad aceptado. Este análisis discutido con anterioridad es igualmente aplicable para el análisis del índice de calidad de acidez en nueces de macadamia del estilo 4 a una temperatura de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ para la cual se obtuvo estadísticamente que, tanto la cobertura MC y Glo presentan una diferencia significativa en las medianas porcentuales durante las semanas 1 y 4 respectivamente. Comparando dichos resultados estadístico con la figura 6B, ambas alternativas se mantuvieron por debajo del límite máximo de

ácidos grasos libres a partir de la semana 1, aunque el grupo de nueces Glo exhibe un porcentaje menor durante la semana 4.

Con respecto al análisis del índice de peróxidos en nueces de macadamia del estilo 4, principiando con los grupos de nueces sujetos a una temperatura de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, se presenta una diferencia estadística significativa con respecto al grupo control en las nueces cubiertas con glicerol durante la semana 1 y 2; mientras que, las nueces del grupo MC y el grupo con doble capa protectora presentan diferencias significativas en las medianas del valor de peróxidos únicamente en la semana 1. No obstante, al contrastar los resultados estadísticos del cuadro 10 con el comportamiento representado en la figura 8A, el grupo MC mantuvo valores de peróxidos notablemente inferiores durante el período de experimentación en comparación con el grupo Glo y el grupo con doble capa protectora. Estos últimos, durante la semana 1 de experimentación, superaron el valor de peróxidos al cual se percibe la rancidez en nueces de macadamia, mientras que el grupo MC se mantuvo por debajo de dicho valor durante las cuatro semanas experimentales.

Por lo que se refiere al análisis de peróxidos del estilo 4 a una temperatura de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, se observa una situación análoga a la discutida con anterioridad en cuanto a las discrepancias significativas identificadas, en donde el grupo Glo exhibió un número mayor de diferencias significativas durante las semanas 1 y 2, seguido por el grupo con doble capa protectora; mientras que el grupo MC no presentó ninguna diferencia significativa estadísticamente en las medianas del índice de peróxidos. Sin embargo, realizando un análisis integral entre el cuadro 10 y la figura 8B, se observa que tanto el grupo Glo como el grupo con doble capa protectora superan, durante las semanas 2 y 1 respectivamente, el valor de peróxidos en donde puede ser detectable la rancidez. En contraste, grupo MC presentó valores de peróxidos menores a 4 meq/kg durante las primeras tres semanas de análisis y alcanzó su punto máximo hasta la semana 4. Por ende, la cobertura de MC se presenta como más compatible y favorable para retrasar la oxidación lipídica en nueces de macadamia sujetas a altas temperaturas, a pesar de que el estilo 4 presente mayor susceptibilidad a oxidarse y, por lo tanto, a ranciarse.

IX. CONCLUSIONES

A partir de los análisis químicos para la determinación del porcentaje de acidez y valor de peróxidos aplicados en el conjunto de nueces de macadamia *Tetraphylla* (estilos 1s y 4), se logró determinar que la alternativa de cobertura comestible de mayor eficiencia ante la oxidación lipídica para el estilo 1s es la de metilcelulosa, seguida por el plastificante de glicerol. La doble capa protectora presentó menor impacto ante el retardo de la oxidación. Para las nueces del estilo 4, el plastificante de glicerol fue el que presentó resultados más favorables ante la oxidación de lípidos, seguido por la doble capa protectora. Sin embargo, la estructura química del glicerol favorece la reacción de peróxidos e hidroperóxidos, por lo que no se recomienda aplicar dichas alternativas debido a que presentan cierto grado de oxidación avanzada a causa del rompimiento estructural de las nueces.

Se logró validar de forma experimental la hipótesis de investigación. Se determinó que las nueces de macadamia del estilo 1s de la variedad comercial, recubiertas por el *film* comestible de metilcelulosa, presentan mayor estabilidad oxidativa a temperaturas de almacenaje de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ a partir del análisis estadístico de las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis, Mann Whitney-Wilcoxon y Dunn *post hoc*, para las cuales no fue necesario el cumplimiento de normalidad, que permitieron la evaluación entre las discrepancias observadas entre los rangos promedio de las múltiples muestras de nueces de macadamia.

A pesar de que el glicerol y la doble capa protectora presentaron diferencias estadísticas significativas para las medianas de ambos índices de calidad, no se recomienda su aplicación para los productos de nueces de macadamia debido a que se demostró que fomentan el aumento de peróxidos a causa de su estructura química, propiciando la formación de hidroperóxidos y la rancidez.

X. RECOMENDACIONES

Considerando el enfoque y alcance metodológico de la presente investigación, se sugiere incorporar técnicas de carácter industrial provenientes de diversas disciplinas ingenieriles y científicas. Dicha integración se concibe con la finalidad de ampliar el conocimiento acerca de las propiedades inherentes a las nueces de macadamia de variedad comercial, así como su adaptabilidad ante diversas alternativas destinadas a retardar o inhibir parcialmente la oxidación lipídica causante de la rancidez. Esto tiene como propósito preservar la calidad física y organoléptica de las nueces de macadamia para fines comerciales, priorizando la salud del consumidor.

XI. REFERENCIAS

- Anderson, D., Sweeney, D. & Williams, T. (2012). *Estadística para negocios y economía*. 11ª Edición. Editorial Cengage Learning.
- Arrieta, A., Durango, L. y Arizal, E. (2018). *Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Revista Espacios. ISSN 0798-1015. <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-15.pdf>
- Azelee, N., Mazila, A., Manas, N., Salamun, N., Che, R. & Enshasy, H. (2019). *Glycerol in Food, Cosmetics and Pharmaceutical Industriel: Basics and New Applications*. International Journal of Scientific & Technology. ISSN 2277-8616
- Belitz H.D., Grosch W. and Schieberle P. 2009. *Food Chemistry*. Ed. Springer, Berlin, Alemania.
- Bungay, D. (2018). *Macadamias, An Overview and Guide to Preservation Principles and Engineering Practice*. SAMAC.
- Caballero, E. (2021). *Edible coatings and lipid oxidation data in wallnuts*. Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables. Valparaíso, Chile.
- Chin, G. (1990). *Influence of seed roasting process on the changes in composition and quality of sesame (Sesame indicum) oil*. Journal of the Science of Food and Agriculture.
- Dagnino, J. (2014). *Análisis de Varianza*. Universidad Católica de Chile. <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf>
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2023). *Reglamento (UE) 2023/1229 de la comisión Europea*. <https://www.boe.es/doue/2023/166/L00066-00075.pdf>
- Dinno, A. (2015). *Nonparametric Pairwise Multiple Comparisons in Independent Groups using Dunn's Test*. The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata, 15(1). Doi 10.1177/1536867X1501500117.
- Food and Drugs Administration. (2023). CFR – Code of Federal Regulations Title 21. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=182.1320>
- Gertz, C. (2000). *Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats*. European Journal of Lipid Science and Technology. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200009\)102:8/9<566::AID-EJLT566>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200009)102:8/9<566::AID-EJLT566>3.0.CO;2-B)
- Grosso, A. (2018). *Conservación de la calidad de nueces producidas en Argentina mediante la utilización de cubiertas comestibles con la inclusión de antioxidantes naturales*. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

- Hamilton, R. (1994). *The Chemistry of Rancidity in Foods*. Editorial Blackie Academic & Professional. Tercera Edición.
- Ibarretxe, D., & Masana, L. (2021). *Metabolismo de los triglicéridos y clasificación de las hipertriglicidemias*. ElSevier.
- Jankowiak, H., Cebulska, A., & Bocian, M. (2021). The relationship between acidification (pH) and meat quality traits of polish white breed pigs. *European Food Research and Technology*,
- Martínez, K. y Mereles, L. (2017). *Manual para procedimiento analíticos para el control de calidad de nueces de macadamia secas*. Asunción, Paraguay. Fundación Facultad de Ciencias Químicas (FUNDAQUIM).
- Mendenhall, W. & Beaver, R. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística*. Distrito Federal, México. Editorial Cengage Learning.
- Min, J., & Man, J. (2016). Monitoring of Used Frying Oils and Frying Times for Frying Chicken Nuggets Using Peroxide Value and Acid Value. National Library of Medicine.
- Mura, J. (2020). *Implementación de un método de análisis de la estabilidad oxidativa de margarinas y mejora de la misma mediante adición de productos vegetales*. Universidad Católica de Valencia. <https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/2279/TFG%20JESSICA%20MURA%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 51063134, Methyl cellulose. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/51063134>.
- National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 753, Glycerin. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glycerin>.
- Navarro, G. (2004). *Nueva Herramienta para el Estudio de la Oxidación de los Ácidos Grasos, una de las Causas Fundamentales de la Pérdida de Calidad de los Alimentos para la Acuicultura*. Universidad de Sonora. México. https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VII/archivos/26GerardoNavarro.pdf
- Navarro, Cl. (2010). *Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación*. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Novel Foods Unit. (2012). *Methylcellulose*. CBG-MEG. www.novel-foods.ni
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1999). Norma para Aceites Vegetales Especificados – CODEX STAN 210-1999. <https://www.fao.org/3/a0369s/a0369s.pdf>

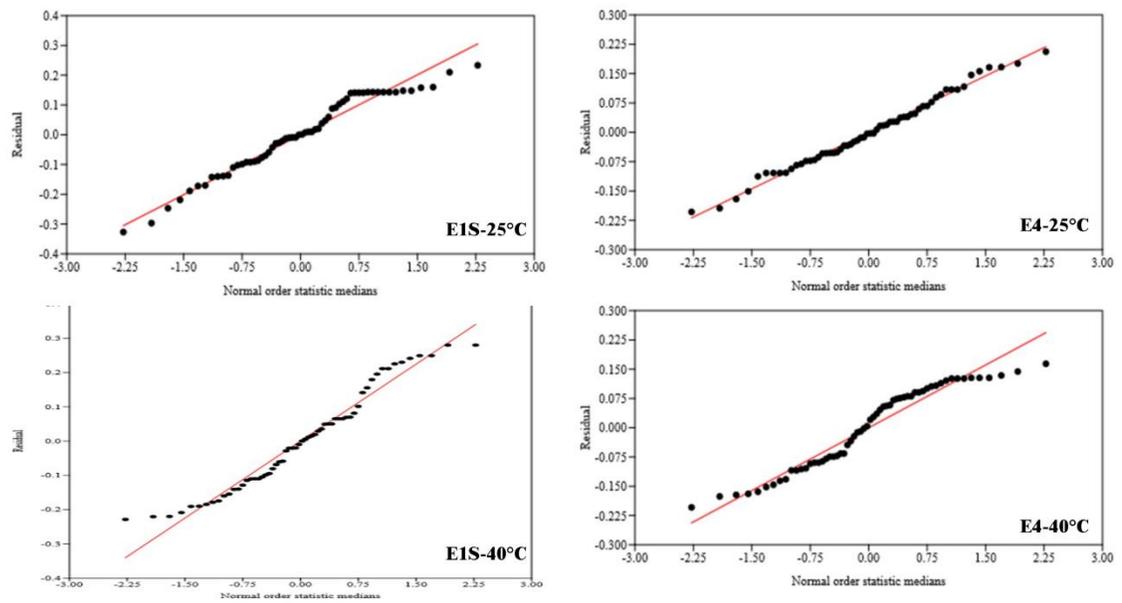
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2021). Evaluación de riesgos microbiológicos en alimentos - Guía para implementación en los países. ISBN 978-92-75-32325-0. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53292/9789275323250_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Paredes, S. (2004). *Estudio de la oxidación lipoproteica y marcadores de inflamación en pacientes con artritis reumatoide*. Universidad de Barcelona. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/4442/spga1de1.pdf;jsessionid=4EB979F5C28E53BE10147D11780DC198?sequence=1>
- Quintas, G. (2011). Manual técnico para productores de nuez de macadamia. Asociación Mexicana de Productores, Procesadores y Exportadores de Nuez de Macadamia, A. C. <https://macadamiamexico.com/wpcontent/uploads/2016/06>.
- Rojas, P., De la Torre, G., & Torres, F. (2021). *Influence of the source of starch and plasticizers on the environmental burden of starch-Brazil nut fiber biocomposite production: A life cycle assessment approach*. Elsevier,
- Sales, S., Bordes, M., & Prudent, M. (s. f.). *Improvement of behaviour in the extrusion of low plasticity ceramics*. Instituto Universitario de Tecnología Cerámica. <https://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/189407/58713.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Santizo, A. (2015). *Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de macadamia (*Macadamia integrifolia*) extraído de nueces sanas e inmaduras provenientes de los municipios de El Palmar y Colomba, Costa Cuca, Quetzaltenango y Alotenango, Sacatepéquez*. Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3004/1/Ana%20Mar%C3%ADa%20Santizo%20Reinos.pdf>
- Skoog, D., & West, D. (2002). *Introducción a la química analítica*. Editorial Reverté.
- Solano, L., Alamilla, L. & Jiménez, C. (2018). *Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados*. Instituto Politécnico Nacional. México. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2018/cqbs182c.pdf>
- Terevinto, A. (2010). *Oxidación lipídica y proteica, capacidad antioxidativa y actividad de las enzimas catalasa, superóxido dismutasa y glutación peroxidasa en la carne fresca y madura de novillos Hereford y Braford*. Universidad de la República. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1815/1/0057ter.pdf>
- Wall, M. (2013). Improving the quality and safety of macadamia nuts. US Department of Agriculture. Estados Unidos.

- Wolff, D. (2011). Methyl cellulose for evaluation pursuant to Regulation (EC) 258/97 (as amended) on novel foods and novel food ingredients by the UK Competent Authority on Novel Foods (UK Food Standards Agency). https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal_data/sources/files/multimedia/pdfs/committee/mc.pdf
- Zhang, N., Li, Y., Wen, S., Sun, Y., Chen, J., Gao, Y., Yu, X., & Sagymbek, A. (2021). *Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review*. Elsevier.

XII. ANEXOS

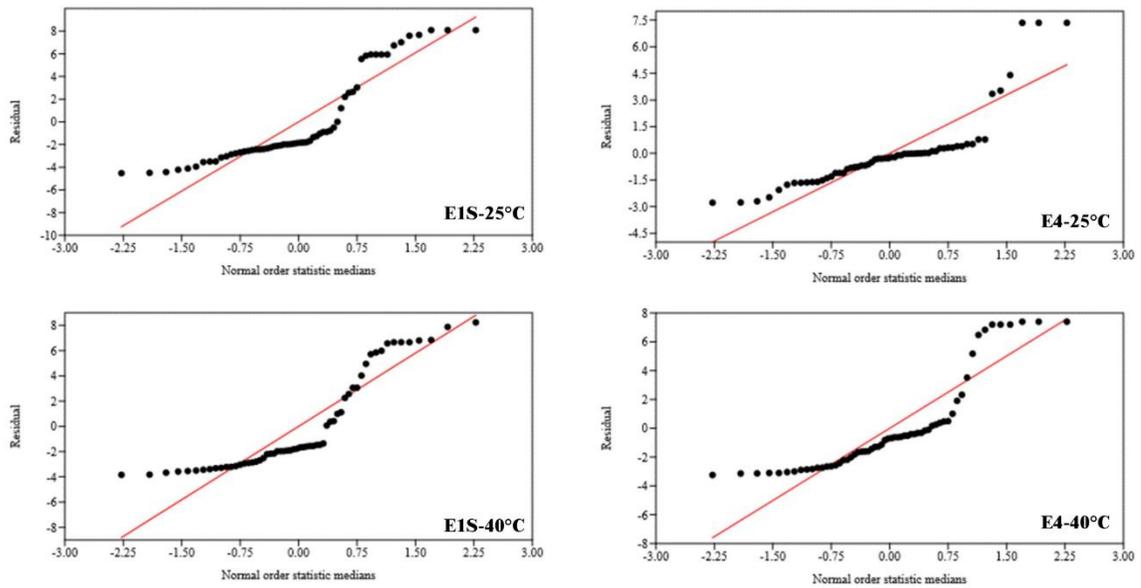
A. Prueba de residuos para normalidad estadística

Figura 9. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 1s y estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.



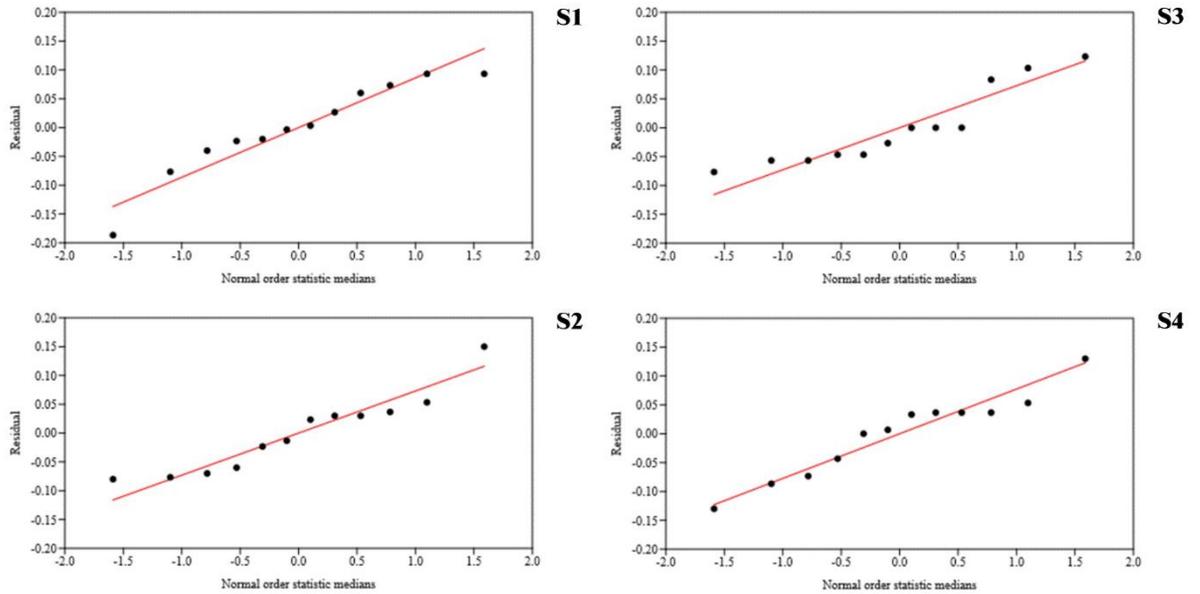
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 10. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 1s y estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.



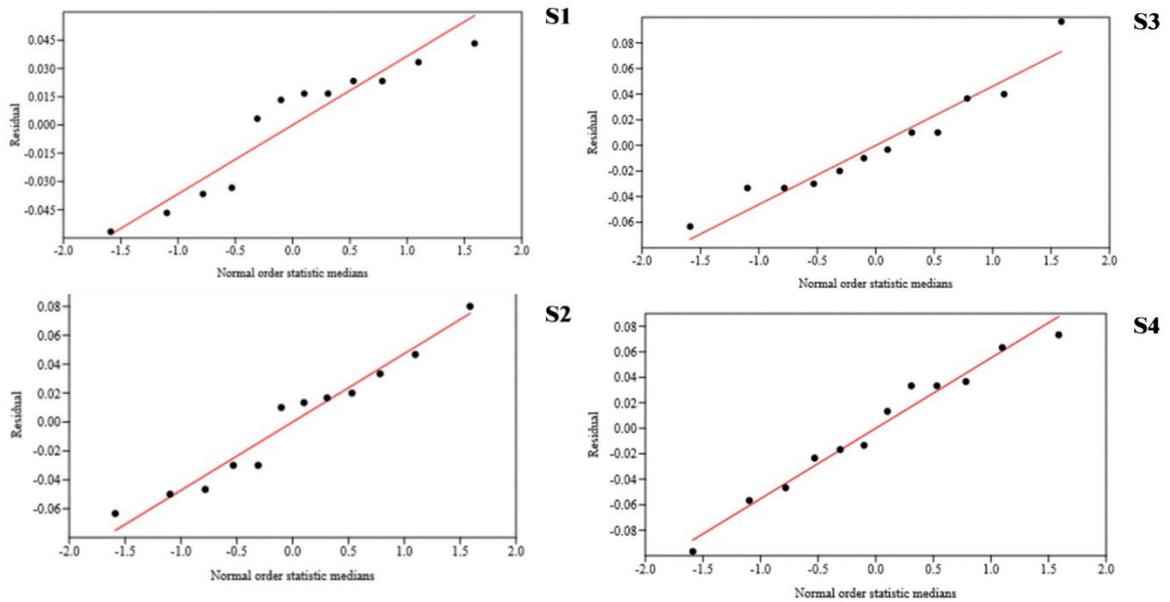
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 11. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.



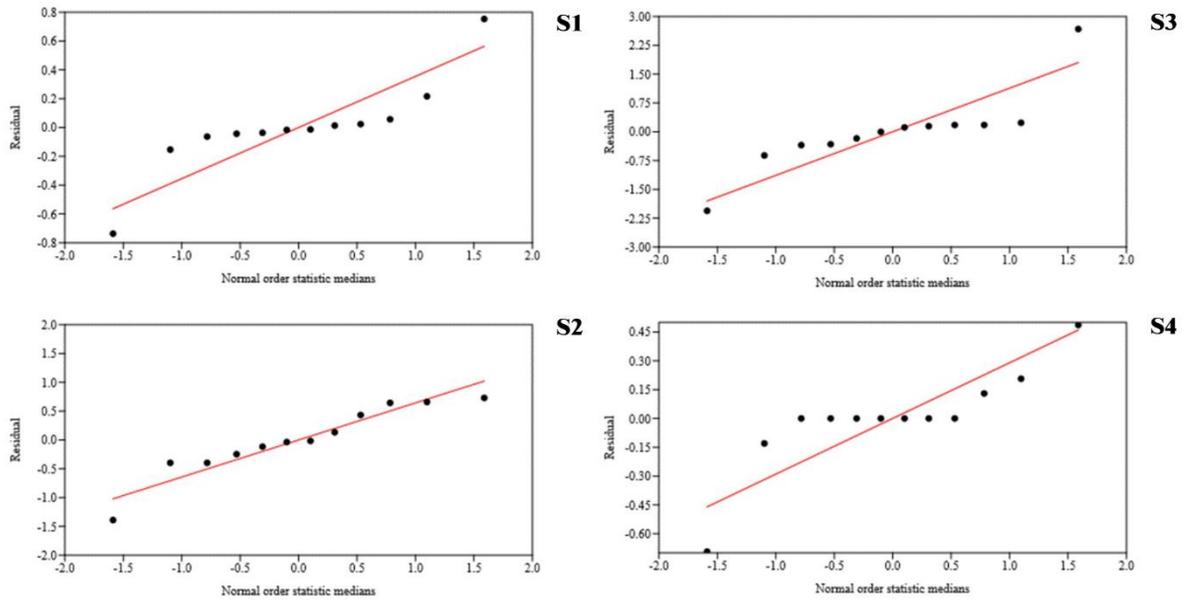
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 12. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.



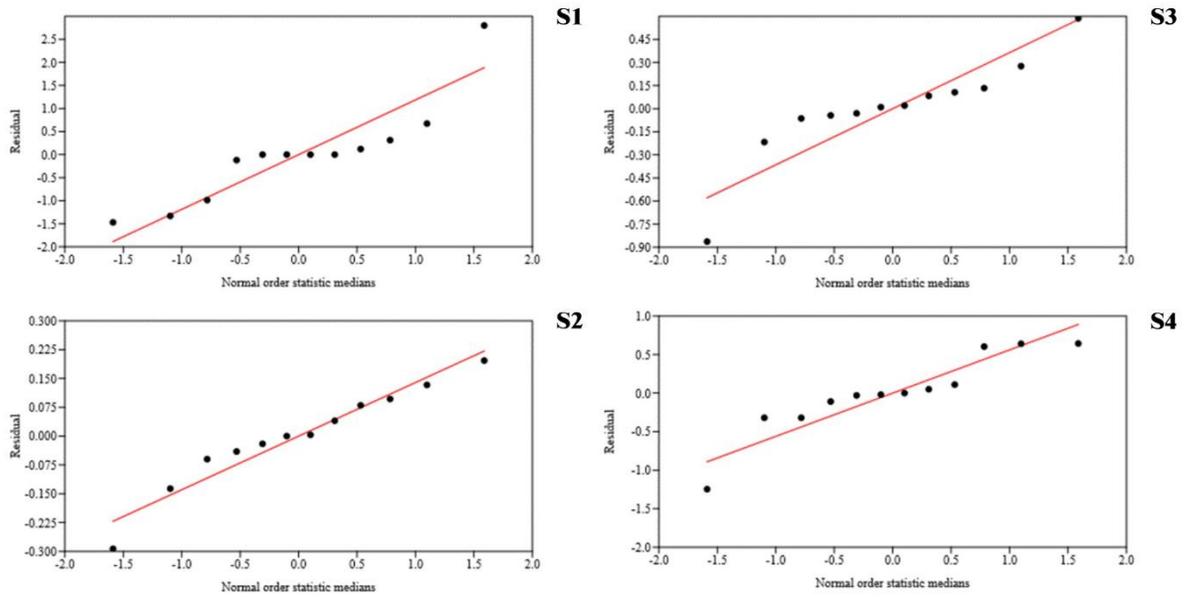
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 13. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.



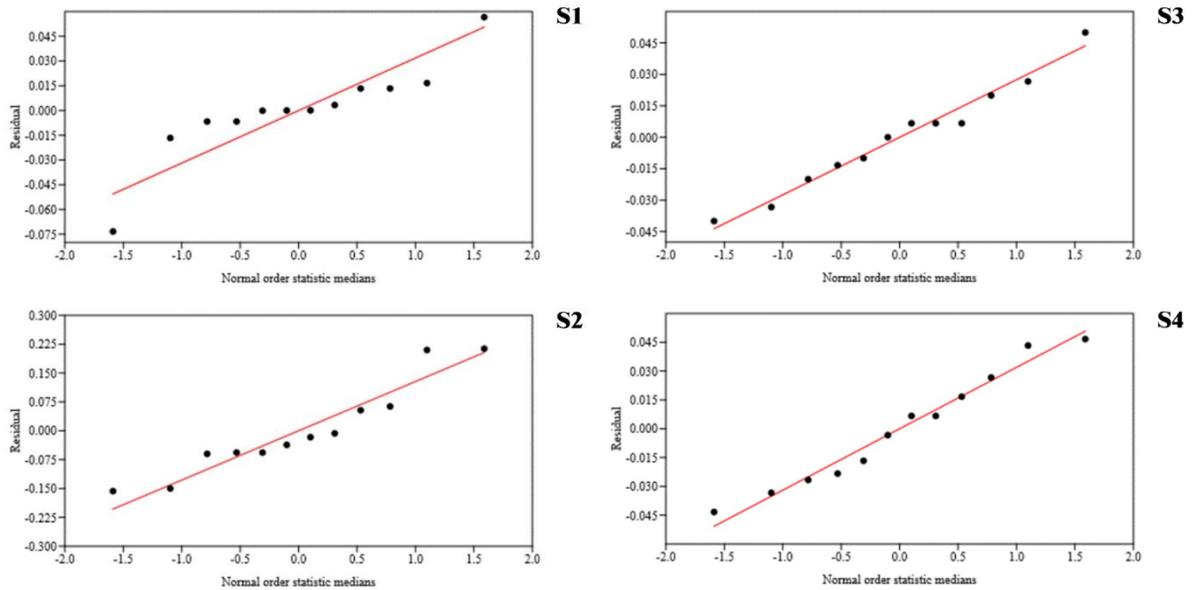
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 14. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.



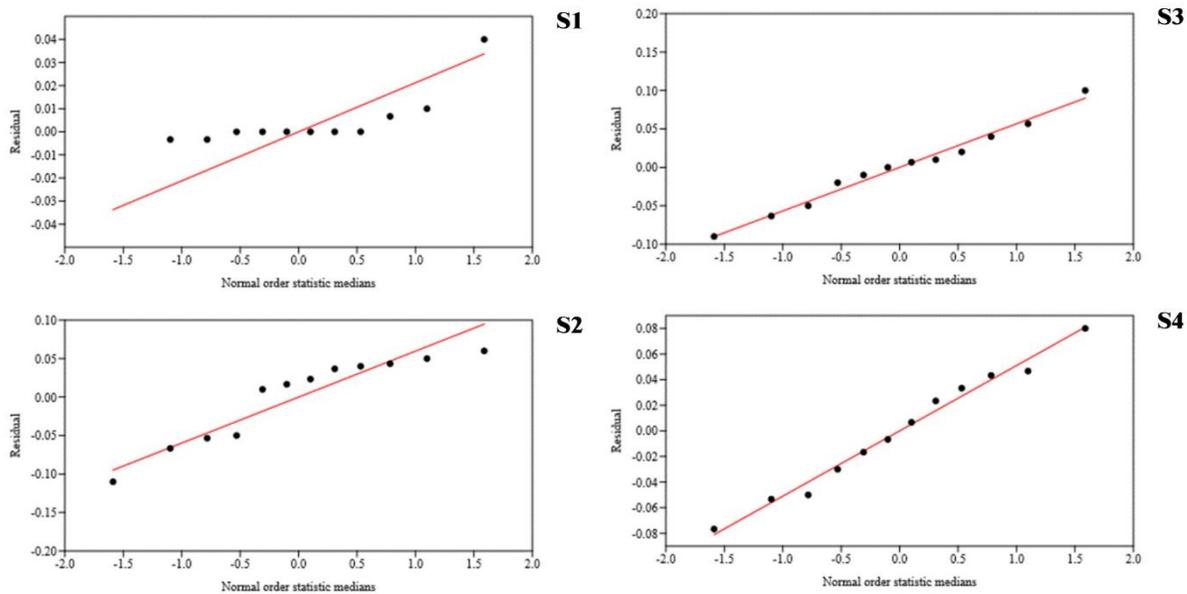
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 15. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.



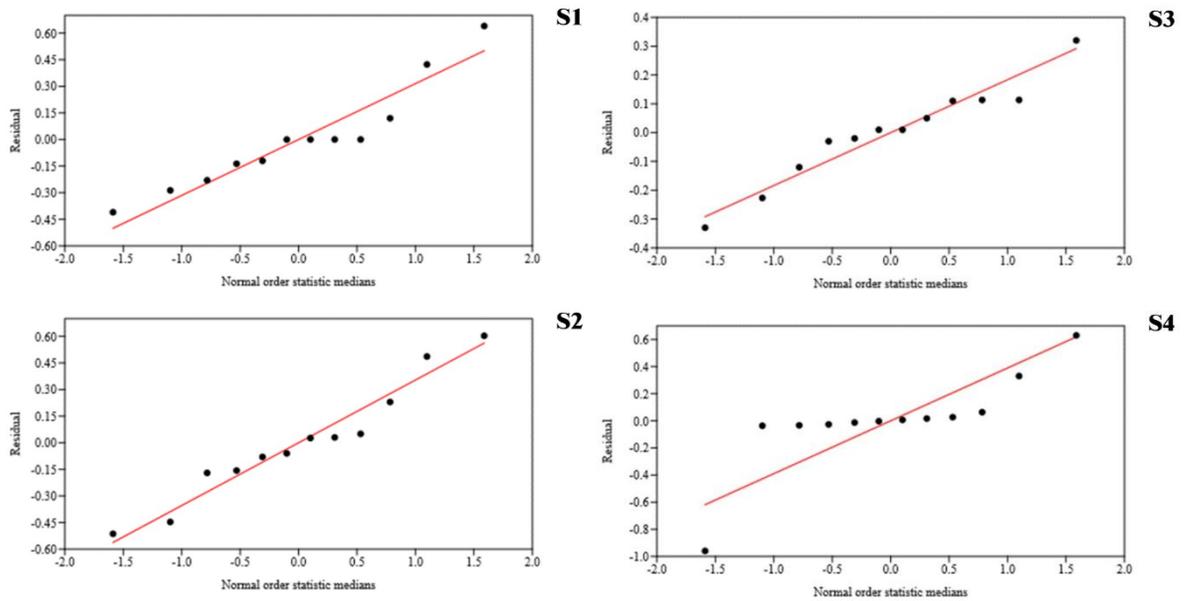
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 16. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.



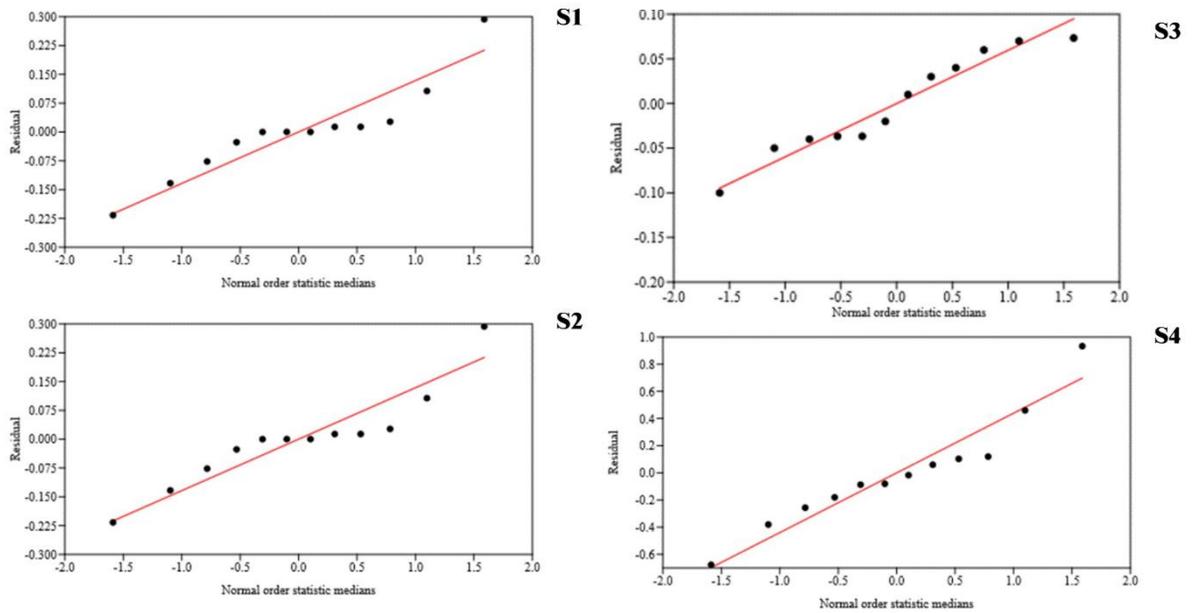
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 17. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.



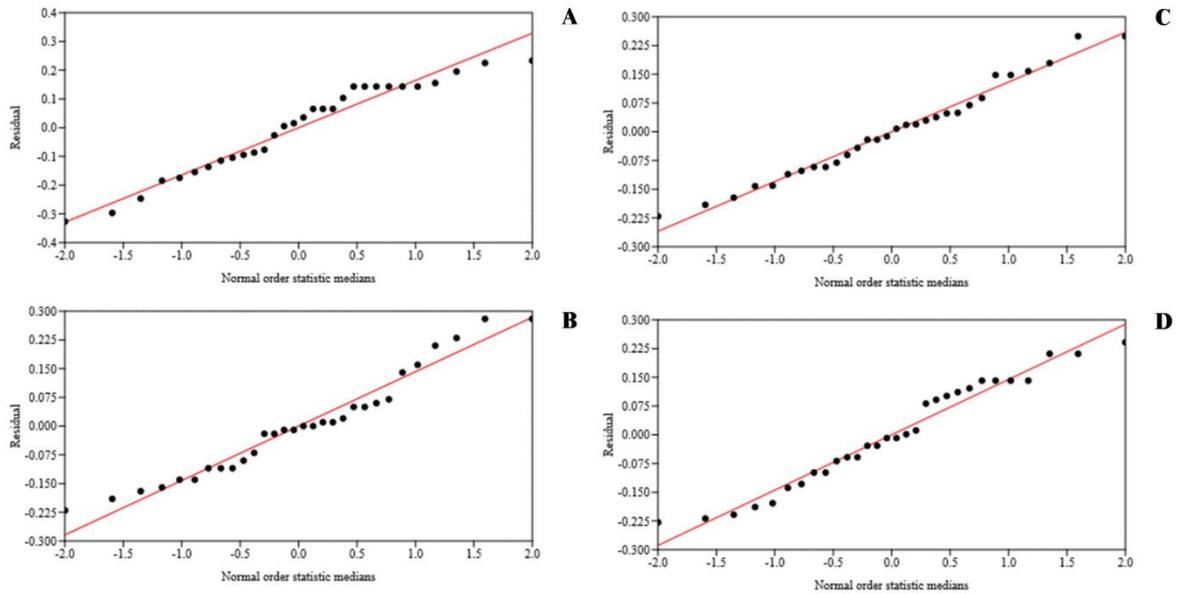
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 18. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las cuatro semanas de estudio.



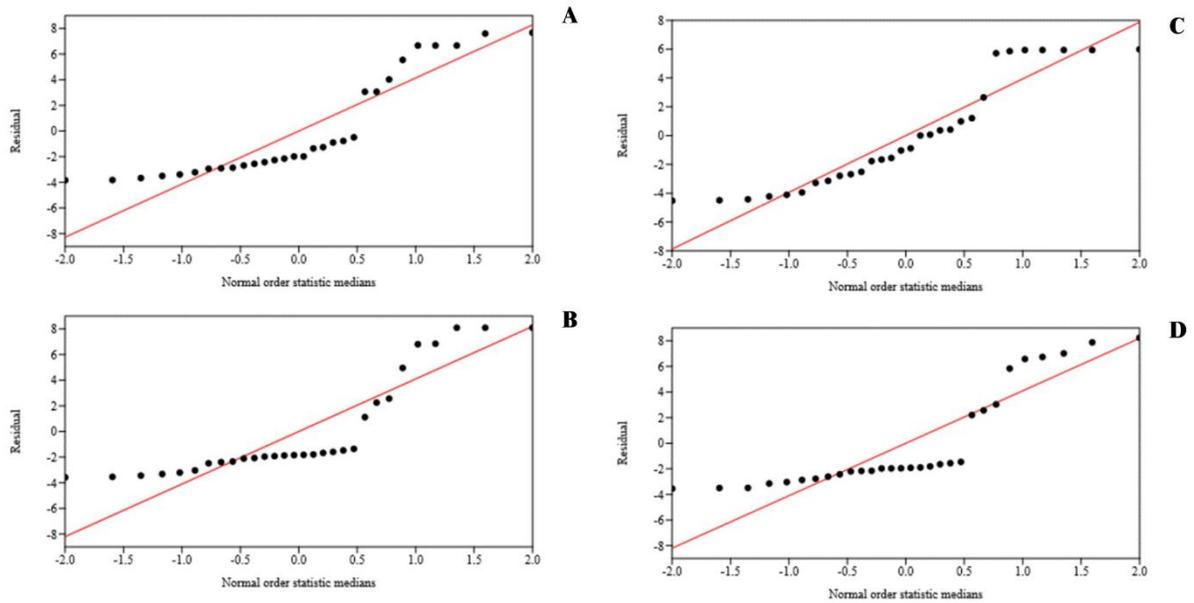
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 19. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.



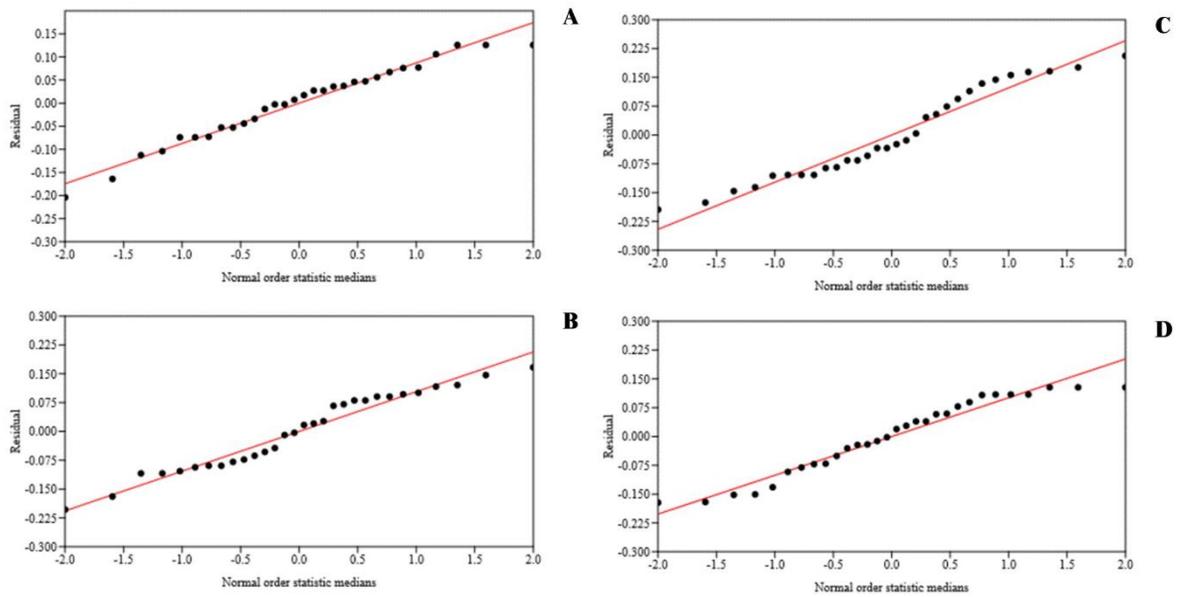
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 20. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 1s de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.



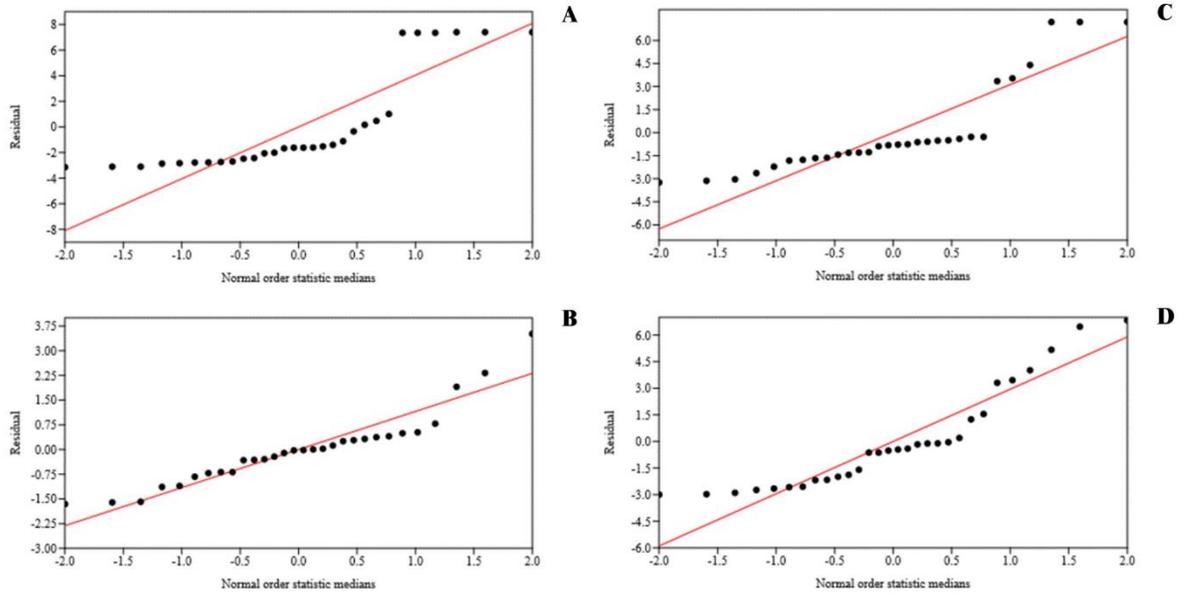
Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 21. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de acidez del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.



Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

Figura 22. Residuos para el análisis de distribución normal del conjunto de datos obtenidos para el índice de calidad de peróxidos del estilo 4 de nueces de macadamia recubiertas con las distintas coberturas comestibles sujetas a las temperaturas de $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.



Nota. Debido a que los puntos no se encuentran distribuidos normalmente sobre la línea, entonces el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad.

B. Prueba de Anova de un factor y Kruskal Wallis (KW)

Cuadro 11. Resultados obtenidos para el índice de calidad de acidez a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia.

	<i>Anova un factor</i>		<i>KW</i>	
	† Estilo 1s	† Estilo 4	* Estilo 1s	* Estilo 4
25 (±3) °C	Rechazo	Rechazo	Rechazo	Rechazo
40 (±3) °C	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo

† Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s y 4, para las temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C, son: 0.14, 0.86 (Estilo 1s), 0.09 y 0.79 respectivamente (Estilo 4).

* Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s y 4, para las temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C, son: 0.029, 0.89 (Estilo 1s), 0.013 y 0.71 respectivamente (Estilo 4). Por ende, sí hay diferencia significativa entre las medianas de las muestras para el estilo 1s y 4 a 25(±3)°C únicamente.

Cuadro 12. Resultados obtenidos para el índice de calidad de peróxidos a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia.

	<i>Anova un factor</i>		<i>KW</i>	
	† Estilo 1s	† Estilo 4	* Estilo 1s	*Estilo 4
25 (±3) °C	Rechazo	No rechazo	No rechazo	No rechazo
40 (±3) °C	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo

† Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s y 4, para las temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C, son: 0.57, 0.68 (Estilo 1s), 0.029 y 0.37 respectivamente (Estilo 4).

* Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s y 4, para las temperaturas de 25(±3)°C y 40(±3)°C, son: 0.53, 0.43 (Estilo 1s), 0.17 y 0.51 (Estilo 4) respectivamente. Por ende, no hay diferencia significativa entre las medianas de las muestras para los estilos 1s y 4.

Cuadro 13. Resultados obtenidos para el índice de calidad de acidez a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia del estilo 1s durante cada semana.

	<i>Anova un factor</i>		<i>KW</i>	
	†25 (± 3)°C	†40 (± 3)°C	*25 (± 3)°C	*40 (± 3)°C
Semana 1	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo
Semana 2	Rechazo	Rechazo	Rechazo	Rechazo
Semana 3	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo
Semana 4	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo

† Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s a 25(± 3)°C son: 0.73, 0.80, 0.60 y 0.65; mientras que a 40(± 3)°C son: 0.94, 0.86, 0.59 y 0.80 con respecto a cada semana.

* Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s a 25(± 3)°C son: 0.18, 0.49, 0.08, 0.06; mientras que a 40(± 3)°C son: 0.13, 0.02, 0.39, 0.10 con respecto a cada semana. Por ende, sí hay diferencia significativa entre las medianas de las muestras durante la semana 2 a ambas temperaturas.

Cuadro 14. Resultados obtenidos para el índice de calidad de acidez a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia del estilo 4 durante cada semana.

	<i>Anova un factor</i>		<i>KW</i>	
	†25 (±3)°C	†40 (±3)°C	*25 (±3)°C	*40 (±3)°C
Semana 1	Rechazo	Rechazo	Rechaza	Rechazo
Semana 2	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo
Semana 3	Rechazo	Rechazo	Rechazo	No rechazo
Semana 4	Rechazo	Rechazo	Rechazo	Rechazo

† Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s a 25(±3)°C son: 0.20, 0.55, 0.55 y 0.86; mientras que a 40(±3)°C son: 0.12, 0.92, 0.46 y 0.85 con respecto a cada semana.

* Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s a 25(±3)°C son 0.018, 0.42, 0.021 y 0.041 ; mientras que a 40(±3)°C son: 0.036, 0.15, 0.081 y 0.047 con respecto a cada semana. Por ende, sí hay diferencia significativa entre las medianas de las muestras durante la semana 1 y 4 a ambas temperaturas, así como se observó una diferencia en la semana 1, 3 y 4 a 25(±3)°C.

Cuadro 15. Resultados obtenidos para el índice de calidad de peróxidos a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia del estilo 1s durante cada semana.

	<i>Anova un factor</i>		<i>KW</i>	
	†25 (±3)°C	†40 (±3)°C	*25 (±3)°C	*40 (±3)°C
Semana 1	Rechazo	Rechazo	Rechazo	Rechazo
Semana 2	Rechazo	Rechazo	Rechazo	Rechazo
Semana 3	Rechazo	Rechazo	Rechazo	Rechazo
Semana 4	Rechazo	Rechazo	No rechazo	Rechazo

† Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s a 25(±3)°C son: 0.10, 0.70, 0.18, 0.20; mientras que a 40(±3)°C son: 0.50, 0.49, 0.30 y 0.61 con respecto a cada semana.

* Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s a 25(±3)°C son: 0.04, 0.02, 0.02 y 0.08; mientras que a 40(±3)°C son: 0.036, 0.016, 0.024, 0.015 con respecto a cada semana. Por ende, sí hay diferencia significativa entre las medianas de los índices de peróxido durante las semanas en cada temperatura.

Cuadro 16. Resultados obtenidos para el índice de calidad de peróxidos a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones de las distintas coberturas aplicadas a la nuez de macadamia del estilo 4 durante cada semana.

	<i>Anova un factor</i>		<i>KW</i>	
	25 (± 3) °C	40 (± 3) °C	25 (± 3) °C	40 (± 3) °C
Semana 1	Rechazo	Rechazo	Rechazo	Rechazo
Semana 2	Rechazo	Rechazo	No rechazo	Rechazo
Semana 3	Rechazo	Rechazo	Rechazo	Rechazo
Semana 4	Rechazo	Rechazo	Rechazo	Rechazo

† Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s a 25(± 3)°C son: 0.45, 0.42, 0.45 y 0.24; mientras que a 40(± 3)°C son: 0.24, 0.24, 0.93 y 0.36 con respecto a cada semana.

* Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s a 25(± 3)°C son: 0.016, 0.086, 0.021 y 0.016; mientras que a 40(± 3)°C son: 0.018, 0.018, 0.015 y 0.027 con respecto a cada semana. Por ende, sí hay diferencia significativa entre las medianas de los índices de peróxido durante las semanas 1, 2 y 3 en cada temperatura.

Cuadro 17. Resultados obtenidos para el índice de calidad de acidez a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones, siendo una comparativa entre la eficacia de cada cobertura a las dos temperaturas a través del tiempo.

	† Anova un factor		*KW	
	Estilo 1s	Estilo 4	Estilo 1s	Estilo 4
NSC	Rechazo	No rechazo	Rechazo	No rechazo
NMC	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo
Nglo	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo
N(Glo+MC)	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo

† Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s son: 0.30, 0.14, 0.38 y 0.27; mientras que para el estilo 4 son: 0.014, 0.94, 0.65 y 0.54 respectivamente (NSC, NMC, NGlo y N(Glo+MC)). Sin embargo, no cumplen los supuestos de normalidad (Anexos).

* Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s son: 0.027, 0.79, 0.41 y 0.74; mientras que para el estilo 4 son: 0.71, 0.55, 0.16 y 0.65 respectivamente (NSC, NMC, NGlo y N(Glo+MC)). Por ende, hay diferencia significativa entre las medianas de los índices de acidez para el grupo control a 25(±3)°C y 40(±3)°C.

Cuadro 18. Resultados obtenidos para el índice de calidad de peróxidos a partir del criterio de rechazo perteneciente a los estadísticos de análisis de varianza de un factor (Anova), así como la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la evaluación de igualdad entre las poblaciones, siendo una comparativa entre la eficacia de cada cobertura a las dos temperaturas a través del tiempo.

	<i>Anova un factor</i>		<i>KW</i>	
	Estilo 1s	Estilo 4	Estilo 1s	Estilo 4
NSC	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo
NMC	Rechazo	No rechazo	No rechazo	No rechazo
Nglo	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo
N(Glo+MC)	Rechazo	Rechazo	No rechazo	No rechazo

† Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s son: 0.36, 0.51, 0.22 y 0.42; mientras que para el estilo 4 son: 0.65, 0.01, 0.22 y 0.55 respectivamente (NSC, NMC, NGlo y N(Glo+MC)). Sin embargo, no cumplen los supuestos de normalidad (Anexos).

* Concluido a partir de la comparativa entre el valor p y el nivel de significancia de 0.05. Dichos análisis fueron desarrollados en el software estadístico PAST, cuyos valores p correspondientes al estilo 1s son: 0.76, 0.27, 0.38 y 0.31; mientras que para el estilo 4 son: 0.35, 0.39, 0.34 y 0.41 respectivamente (NSC, NMC, NGlo y N(Glo+MC)). Por ende, no hay diferencia significativa entre las medianas de los índices de acidez entre los grupos de tratamientos a distintas temperaturas.

C. Prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon (MWW)

Cuadro 19. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo control a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$
$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$		0.03*
$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	0.03*	

Nota: se concluye que existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 20. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo MC a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$
$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$		0.80
$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	0.80	

Nota: se concluye que existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 21. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo Glo a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$
$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$		0.42
$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	0.42	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 22. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo Glo + MC a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$
$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$		0.76
$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	0.76	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 23. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo control a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$
$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$		0.77
$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	0.77	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 24. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo MC a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$
$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$		0.28
$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	0.28	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 25. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo Glo a 25(±3)°C y 40(±3)°C.

	25(±3)°C	40(±3)°C
25(±3)°C		0.39
40(±3)°C	0.39	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 26. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s del grupo Glo+MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.

	25(±3)°C	40(±3)°C
25(±3)°C		0.32
40(±3)°C	0.32	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 27. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo control a 25(±3)°C y 40(±3)°C.

	25(±3)°C	40(±3)°C
25(±3)°C		0.72
40(±3)°C	0.72	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 28. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.

	25(±3)°C	40(±3)°C
25(±3)°C		0.56
40(±3)°C	0.56	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 29. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo Glo a 25(±3)°C y 40(±3)°C.

	25(±3)°C	40(±3)°C
25(±3)°C		0.16
40(±3)°C	0.16	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 30. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo Glo+MC a 25(±3)°C y 40(±3)°C.

	25(±3)°C	40(±3)°C
25(±3)°C		0.66
40(±3)°C	0.66	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 31. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo control a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$
$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$		0.36
$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	0.36	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 32. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo MC a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$
$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$		0.41
$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	0.41	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 33. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo Glo a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$
$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$		0.35
$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	0.35	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

Cuadro 34. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Mann – Whitney – Wilcoxon (MWW) para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 del grupo Glo+MC a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ y $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$
$25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$		0.42
$40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$	0.42	

Nota: se concluye que no existe diferencia significativa entre ambas coberturas para las nueces de macadamia.

D. Prueba de Dunn *post hoc*

Cuadro 35. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 1 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.53	0.04*	0.78
<i>NMC</i>	0.53		0.16	0.73
<i>NGlo</i>	0.04*	0.16		0.08
<i>N(MC+Glo)</i>	0.77	0.73	0.08	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 1 entre las nueces del grupo control (*NSC*) y las nueces con plastificante de glicerol (*NGlo*).

Cuadro 36. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn *post hoc* para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 2 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.031*	0.009*	0.17
<i>NMC</i>	0.031*		0.65	0.43
<i>NGlo</i>	0.009*	0.65		0.21
<i>N(MC+Glo)</i>	0.17	0.43	0.21	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 2 entre las nueces del grupo control (*NSC*) y las nueces con cobertura de metilcelulosa (*NMC*), así como se presenta una diferencia significativa entre las nueces del grupo control (*NSC*) y las nueces con el plastificante de glicerol (*NGlo*).

Cuadro 37. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 3 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.02*	0.09	0.04*
<i>NMC</i>	0.02*		0.53	0.82
<i>NGlo</i>	0.09	0.53		0.69
<i>N(MC+Glo)</i>	0.04*	0.82	0.69	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a 25(±3)°C en la semana 3 entre las nueces del grupo control (NSC) y las nueces con cobertura de metilcelulosa (NMC), así como se presenta una diferencia significativa entre las nueces del grupo control (NSC) y las nueces con el plastificante de glicerol y cobertura de metilcelulosa N(MC+Glo).

Cuadro 38. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 4 a 25(±3)°C, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.01*	0.26	0.57
<i>NMC</i>	0.01		0.14	0.04*
<i>NGlo</i>	0.26	0.14		0.57
<i>N(MC+Glo)</i>	0.57	0.04*	0.57	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a 25(±3)°C en la semana 4 entre las nueces del grupo control (NSC) y las nueces con cobertura de metilcelulosa (NMC), así como se presenta una diferencia significativa entre las nueces con cobertura de metilcelulosa (NSC) y las nueces con el plastificante de glicerol y cobertura de metilcelulosa N(MC+Glo).

Cuadro 39. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 1 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.43	0.05	0.26
<i>NMC</i>	0.43		0.31	0.05
<i>NGlo</i>	0.05	0.26		0.002*
<i>N(MC+Glo)</i>	0.26	0.05	0.002*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 1 entre las nueces del grupo NGlo y el grupo de doble capa protectora.

Cuadro 40. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 2 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde no se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.31	0.11	0.21
<i>NMC</i>	0.31		0.31	0.82
<i>NGlo</i>	0.11	0.57		0.73
<i>N(MC+Glo)</i>	0.22	0.82	0.73	

Cuadro 41. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 3 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.21	0.04*	0.43
<i>NMC</i>	0.21		0.43	0.04*
<i>NGlo</i>	0.04*	0.43		0.004*
<i>N(MC+Glo)</i>	0.43	0.04*	0.004*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 3 entre las nueces del grupo *NGlo* y el grupo control, así como entre el grupo de doble capa protectora y el grupo *NMC*, y entre el grupo de doble capa protectora y el grupo *NGlo*.

Cuadro 42. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.07	0.01*	0.28
<i>NMC</i>	0.07		0.43	0.46
<i>NGlo</i>	0.01*	0.34		0.09
<i>N(MC+Glo)</i>	0.28	0.46	0.09	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 4 entre las nueces del grupo *NGlo* y el grupo control.

Cuadro 43. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 1 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.03*	0.06	0.39
<i>NMC</i>	0.03*		0.77	0.20
<i>NGlo</i>	0.06	0.77		0.33
<i>N(MC+Glo)</i>	0.39	0.20	0.33	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 1 entre las nueces con cobertura de metilcelulosa (NMC) y el grupo control (NSC).

Cuadro 44. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 2 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.73	0.17	0.02*
<i>NMC</i>	0.73		0.09	0.01*
<i>NGlo</i>	0.17	0.09		0.31
<i>N(MC+Glo)</i>	0.02*	0.01*	0.31	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 2 entre las nueces con doble capa protectora y el grupo control (NSC), así como entre el grupo con cobertura de metilcelulosa (NMC) y el grupo con doble capa protectora.

Cuadro 45. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 3 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde no se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.2804	0.125	0.1396
<i>NMC</i>	0.2804		0.6495	0.6909
<i>NGlo</i>	0.125	0.6495		0.9547
<i>N(MC+Glo)</i>	0.1396	0.6909	0.9547	

Cuadro 46. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.86	1	0.04*
<i>NMC</i>	0.86		0.86	0.03*
<i>NGlo</i>	1	0.86		0.04*
<i>N(MC+Glo)</i>	0.04*	0.03*	0.05*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 4 entre las nueces del grupo con doble capa protectora con el grupo control (NSC), con el grupo de cobertura de metilcelulosa (NMC) y el grupo con plastificante de glicerol (NGlo).

Cuadro 47. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 1 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.03*	0.06	1
<i>NMC</i>	0.03*		0.73	0.03*
<i>NGlo</i>	0.06	0.73		0.06
<i>N(MC+Glo)</i>	1	0.03*	0.06	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 1 entre las nueces del grupo NMC y el grupo control, así como el grupo NMC y el grupo con doble cobertura.

Cuadro 48. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 2 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.50	0.28	0.28
<i>NMC</i>	0.50		0.69	0.08
<i>NGlo</i>	0.28	0.69		0.03*
<i>N(MC+Glo)</i>	0.28	0.08	0.03*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 2 entre las nueces del grupo con plastificante de glicerol (*NGlo*) y el grupo con doble cobertura.

Cuadro 49. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 3 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.17	0.25	0.36
<i>NMC</i>	0.17		0.82	0.02*
<i>NGlo</i>	0.25	0.82		0.04*
<i>N(MC+Glo)</i>	0.36	0.02*	0.04*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 3 entre las nueces del grupo con doble cobertura con las nueces con cobertura de metilcelulosa (NMC) y con el grupo de nueces con plastificante de glicerol (NGlo).

Cuadro 50. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.19	0.008*	0.57
<i>NMC</i>	0.19		0.17	0.46
<i>NGlo</i>	0.008*	0.17		0.04*
<i>N(MC+Glo)</i>	0.57	0.46	0.04*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 4 entre las nueces del grupo con plastificante de glicerol (NGlo) con respecto al grupo de nueces control (NSC) y el grupo con doble capa protectora.

Cuadro 51. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 1 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.04*	0.17	0.01*
<i>NMC</i>	0.04*		0.50	0.50
<i>NGlo</i>	0.17	0.50		0.17
<i>N(MC+Glo)</i>	0.01*	0.50	0.17	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 1 entre las nueces del grupo control (NSC) y las nueces con cobertura de metilcelulosa (NMC) así como entre el grupo control y el grupo de nueces con doble capa protectora.

Cuadro 52. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 2 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.002*	0.04*	0.31
<i>NMC</i>	0.002*		0.31	0.04*
<i>NGlo</i>	0.04*	0.31		0.31
<i>N(MC+Glo)</i>	0.31	0.04*	0.31	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 2 entre las nueces del grupo control (NSC) y las nueces con cobertura de metilcelulosa (NMC), así como entre el grupo control y el grupo de nueces con plastificante de glicerol (NGlo), y entre el grupo de metilcelulosa con respecto al grupo con la doble capa protectora.

Cuadro 53. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 3 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.04*	0.31	0.31
<i>NMC</i>	0.04*		0.002	0.31
<i>NGlo</i>	0.31	0.002*		0.04*
<i>N(MC+Glo)</i>	0.31	0.31	0.04*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 3 entre el grupo de nueces con cobertura de metilcelulosa (NMC) con respecto al grupo control (NSC) y al grupo con plastificante de glicerol (NGlo).

Cuadro 54. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.03*	0.03*	0.09
<i>NMC</i>	0.03*		1	0.61
<i>NGlo</i>	0.03*	1		0.61
<i>N(MC+Glo)</i>	0.09	0.61	0.61	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana entre las nueces del grupo control (NSC) y el conjunto de grupos de cobertura de metilcelulosa (NMC) y el grupo de nueces con plastificante de glicerol (NGlo).

Cuadro 55. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 1 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.002*	0.04*	0.31
<i>NMC</i>	0.002*		0.31	0.04*
<i>NGlo</i>	0.04	0.31		0.31
<i>N(MC+Glo)</i>	0.31	0.04*	0.31	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 1 entre las nueces del grupo control (NSC) y las nueces con cobertura de metilcelulosa (NMC) así como entre el grupo control y el grupo de nueces con doble capa protectora.

Cuadro 56. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 2 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.91	0.02*	0.57
<i>NMC</i>	0.91		0.03*	0.65
<i>NGlo</i>	0.02*	0.03*		0.09
<i>N(MC+Glo)</i>	0.57	0.65	0.09	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 2 entre las nueces del grupo control (NSC) y las nueces con cobertura de metilcelulosa (NMC) y el grupo con plastificante de glicerol.

Cuadro 57. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 3 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.07	0.21	0.002*
<i>NMC</i>	0.07		0.57	0.21
<i>NGlo</i>	0.21	0.57		0.07
<i>N(MC+Glo)</i>	0.002*	0.21	0.07	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 3 entre las nueces del grupo control (NSC) y grupo de doble capa protectora.

Cuadro 58. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, donde se presenta una diferencia significativa entre pares de medianas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.31	0.31	0.04*
<i>NMC</i>	0.31		0.04*	0.31
<i>NGlo</i>	0.31	0.04*		0.002*
<i>N(MC+Glo)</i>	0.04*	0.31	0.002*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 4 entre el grupo con doble capa protectora con respecto a las nueces del grupo control (NSC) y al grupo de nueces con plastificante de glicerol (NGlo), así como entre el grupo con plastificante de glicerol (NGlo) y el grupo de nueces con cobertura de metilcelulosa (NMC).

Cuadro 59. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 1 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.04*	0.02*	0.73
<i>NMC</i>	0.04*		0.26	0.09
<i>NGlo</i>	0.02*	0.73		0.04*
<i>N(MC+Glo)</i>	0.73	0.09	0.04*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 1 entre las nueces del grupo control (NSC) y el grupo NMC, así como entre el grupo control y el grupo NGlo. De igual forma, se identificó una diferencia significativa entre el grupo NGlo y el grupo N(MC+Glo).

Cuadro 60. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 2 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.04*	0.31	0.31
<i>NMC</i>	0.04*		0.002*	0.31
<i>NGlo</i>	0.31	0.002*		0.04*
<i>N(MC+Glo)</i>	0.31	0.31	0.04*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 2 entre las nueces del grupo control (NSC) y el grupo NMC, así como entre el grupo NMC y NGlo.

Cuadro 61. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 3 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.01*	0.09	0.73
<i>NMC</i>	0.01*		0.31	0.02*
<i>NGlo</i>	0.09	0.31		0.17
<i>N(MC+Glo)</i>	0.73	0.02*	0.17	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 3 entre las nueces del grupo control (NSC) y el grupo con cobertura de metilcelulosa (NMC), así como entre el grupo de doble capa protectora y el grupo con cobertura de metilcelulosa (NMC).

Cuadro 62. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s en la semana 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.31	0.31	0.04*
<i>NMC</i>	0.31		0.04*	0.002*
<i>NGlo</i>	0.31	0.04*		0.31
<i>N(MC+Glo)</i>	0.04*	0.002*	0.31	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 4 entre las nueces del grupo con cobertura de metilcelulosa (NMC) con respecto a los grupos con plastificante de glicerol (NGlo) y el grupo con doble capa protectora, así como entre el grupo control (NSC) y el grupo de nueces con doble capa protectora.

Cuadro 63. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 1 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.05	0.002*	0.26
<i>NMC</i>	0.05		0.26	0.43
<i>NGlo</i>	0.002*	0.26		0.05
<i>N(MC+Glo)</i>	0.26	0.43	0.05	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 1 entre las nueces del grupo control (NSC) y el grupo con plastificante de glicerol (NGlo).

Cuadro 64. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 2 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.05	0.002*	0.26
<i>NMC</i>	0.05		0.26	0.43
<i>NGlo</i>	0.002*	0.26		0.05
<i>N(MC+Glo)</i>	0.26	0.43	0.05	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 2 entre las nueces del grupo control (NSC) y el grupo de nueces con plastificante de glicerol (NGlo).

Cuadro 65. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 3 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.31	0.31	0.04*
<i>NMC</i>	0.31		0.04*	0.002*
<i>NGlo</i>	0.31	0.04*		0.31
<i>N(MC+Glo)</i>	0.04*	0.002*	0.31	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ en la semana 3 entre las nueces del grupo con doble capa protectora con respecto al grupo control (NSC) y el grupo con cobertura de metilcelulosa (NMC), así como entre el grupo con cobertura de metilcelulosa (NMC) y el grupo con plastificante de glicerol (NGlo).

Cuadro 66. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 4 en la semana 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.31	0.05	0.50
<i>NMC</i>	0.31		0.003*	0.09
<i>NGlo</i>	0.05	0.003*		0.1
<i>N(MC+Glo)</i>	0.50	0.09	0.21	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ a lo largo del tiempo entre las nueces del grupo con plastificante de glicerol (NGlo) y el grupo con cobertura de metilcelulosa (NMC).

Cuadro 67. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las 4 semanas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.01*	0.01*	0.13
<i>NMC</i>	0.01*		0.90	0.26
<i>NGlo</i>	0.01*	0.90		0.31
<i>N(MC+Glo)</i>	0.13	0.26	0.31	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 1s a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ a lo largo del tiempo entre las nueces del grupo control (NSC) con respecto al grupo con cobertura de metilcelulosa (NMC) y el grupo con plastificante de glicerol (NGlo).

Cuadro 68. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las 4 semanas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.95	0.53	0.75
<i>NMC</i>	0.95		0.48	0.70
<i>NGlo</i>	0.53	0.48		0.75
<i>N(MC+Glo)</i>	0.75	0.70	0.75	

Cuadro 69. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 a 25(± 3)°C durante las 4 semanas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.68	0.03*	1
<i>NMC</i>	0.68		1	0.90
<i>NGlo</i>	0.03*	1		0.04*
<i>N(MC+Glo)</i>	1	0.90	0.04*	

*Concluyendo así que, a partir de la comparativa con el nivel de significancia de 0.05, existe una diferencia significativa en las nueces de macadamia del estilo 4 a 25(± 3)°C a lo largo del tiempo entre las nueces del grupo control (NSC) y el grupo con plastificante de glicerol (NGlo), así como entre el grupo de doble capa protectora y el grupo NGlo.

Cuadro 70. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 a 40(± 3)°C durante las 4 semanas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.6263	0.2998	0.9624
<i>NMC</i>	0.6263		0.5824	0.66
<i>NGlo</i>	0.2998	0.5824		0.3223
<i>N(MC+Glo)</i>	0.9624	0.66	0.3223	

Cuadro 71. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del valor de peróxidos de las nueces de macadamia estilo 1s a $25(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las 4 semanas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.5436	0.3819	0.8628
<i>NMC</i>	0.5436		0.1384	0.4353
<i>NGlo</i>	0.3819	0.1384		0.4829
<i>N(MC+Glo)</i>	0.8628	0.4353	0.4829	

Cuadro 72. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 1s a $40(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante las 4 semanas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.9499	0.9833	0.1805
<i>NMC</i>	0.9499		0.9333	0.161
<i>NGlo</i>	0.9833	0.9333		0.1875
<i>N(MC+Glo)</i>	0.1805	0.161	0.1875	

Cuadro 73. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 a 25(± 3)°C durante las 4 semanas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.36	0.36	0.3203
<i>NMC</i>	0.36		1	0.05623
<i>NGlo</i>	0.36	1		0.05623
<i>N(MC+Glo)</i>	0.3203	0.05623	0.05623	

Cuadro 74. Resultados obtenidos para la prueba no paramétrica de Dunn post hoc para el conjunto de datos del porcentaje de acidez de las nueces de macadamia estilo 4 a 40(± 3)°C durante las 4 semanas.

	<i>NSC</i>	<i>NMC</i>	<i>NGlo</i>	<i>N(MC+Glo)</i>
<i>NSC</i>		0.9916	0.5862	0.1907
<i>NMC</i>	0.9916		0.5791	0.1872
<i>NGlo</i>	0.5862	0.5791		0.4448
<i>N(MC+Glo)</i>	0.1907	0.1872	0.4448	