Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano y su efecto sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del "tomate cherry"

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTOR

Angelo Porfirio QUISPE HILARIO

Javier Renato HERNÁNDEZ YATACO

ASESOR

Dr. Cesar Máximo FUERTES RUITÓN

Gustavo Adolfo RUIZ PACCO

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Quispe A, Hernández J. Recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano y su efecto sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del “tomate cherry” [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2025.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Angelo Porfirio Quispe Hilario
DNI	70814540
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-8972-9966
Datos de autor 2	
Nombres y apellidos	Javier Renato Hernández Yataco
DNI	72194536
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4250-9932
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Cesar Máximo Fuertes Ruitón
DNI	15289369
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6170-3549
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	Gustavo Adolfo Ruiz Pacco
DNI	45942586
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4831-4052
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Maria Elena Salazar Salvatierra
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08675623
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Eva Ramos Llica
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	29735069
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Juan José Ponce Cobos
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10303874
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.4.0.1 Calidad e inocuidad de los alimentos A.4.0.7 Recursos y productos naturales con potencial farmacéutico, alimentario, y cosmético.
Grupo de investigación	Natural Resources Research – NATURE (Perú)
Agencia de financiamiento	VRIP -Código: A20040051 -Resolución: 01686-R-20
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Departamento de Química Orgánica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica - UNMSM País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Latitud: -12.054562191590417 Longitud: -77.02330675707579
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2023- Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE	1.00.00 -- Ciencias naturales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.00.00 1.04.00 – Química https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.04.00 1.04.01 -- Química orgánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.04.00

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

Recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano y su efecto sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del "tomate cherry"

Que presentan los Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

ANGELO PORFIRIO QUISPE HILARIO Y
JAVIER RENATO HERNÁNDEZ YATACO

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, ha obtenido la siguiente calificación final:

DIECIOCHO (18) APROBADO CON MENCIÓN HONROSA

de conformidad con el Art. 14.° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para la obtención del Título Profesional de Químico Farmacéutico (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Lima, 10 de setiembre de 2025.

Dra. María Elena Salazar Salvatierra
Presidente

Mg. Eva Ramos Llica
Miembro

Mg. Juan José Ponce Cobos
Miembro

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú
Teléfonos: (511) 619-7000 anexo 4826 Ap. Postal 4559 – Lima 1
E-mail: decanofyb@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo CESAR MÁXIMO FUERTES RUITÓN, identificado con DNI N° 15289369 en mi condición de asesor(a) acreditado con el Dictamen 003-FFB-EPFB-2024, que la Tesis cuyo título es **"Recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano y su efecto sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del "tomate Cherry"",** Presentado por los Bachilleres **Angelo Porfirio Quispe Hilario y Javier Renato Hernández Yataco**, para optar el grado académico de Químico Farmacéutico.

CERTIFICO: que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 12% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Jardín Botánico 25 de octubre 2025

Firma del asesor

DNI: 15289369

Dr. César Máximo Fuertes Ruitón

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi madre Carmen, a mi padre Porfirio y a mis hermanas Gisell y Giuliana, a quienes quiero mucho, pues siempre me brindan todo su apoyo y amor incondicional, que me motivan a cumplir mis metas y ser mejor persona.

A mis mascotas Chaos y Lucas que siempre están acompañándome en las horas de desvelo.

A mi sobrino Andrew, para que en un futuro se motive y también realice su trabajo de tesis.

Asimismo, a todas las personas que me apoyaron en el desarrollo de este trabajo y especialmente a Medalit que siempre me motivó y me apoyo para poder culminar esta tesis.

Angelo Porfirio Quispe Hilario

A mis queridos padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante me han guiado en cada paso de mi vida. A ustedes por haberme enseñado el verdadero significado del esfuerzo y la perseverancia.

A mis abuelas, por sus sabios consejos. Sus palabras, llenas de cariño y experiencia, han sido un faro en mi camino.

A mis hermanos que siempre me han motivado a seguir adelante con alegría y determinación. A mis tíos, por su generosidad y por ser ejemplo de trabajo y dedicación.

Y, especialmente, a Angelica, por su amor, paciencia y comprensión. Gracias por estar a mi lado en los momentos de desafío y por ser mi fuente constante de inspiración y fortaleza.

Javier Renato Hernández Yataco

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, por concedernos la vida y darnos salud y fuerza para realizar este trabajo y así poder cumplir nuestras metas y sueños.

A nuestras amadas familias que siempre nos dan su apoyo y amor incondicional, que nos motivan a cumplir nuestras metas y sueños.

A nuestra apreciada Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM, por ser el recinto que nos impartió conocimiento para poder ser grandes profesionales.

A nuestros asesores, Cesar Fuertes Ruitón y Gustavo Ruiz Pacco, por guiarnos con sus enseñanzas y brindarnos su apoyo durante la elaboración de la tesis.

Al Laboratorio de Carbohidratos de Química Orgánica y sus integrantes por el apoyo y las facilidades para la realización del recubrimiento y el análisis fisicoquímico.

Al Laboratorio de Investigación CLEIBA y a sus integrantes por el apoyo y las facilidades que nos dieron para realizar el análisis microbiológico.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 14
I.1. Planteamiento del problema 14
I.2. Objetivos 15
I.2.1. Objetivo general 15
I.2.2. Objetivos específicos 15
I.3. Importancia y alcance de la investigación 16
I.3.1. Importancia económica 16
I.3.2. Importancia técnica 16
I.3.3. Importancia social 17
I.4. Limitaciones de la investigación 18
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA 19
II.1. Marco teórico 19
II.1.1. Tomate 19
II.1.2. Tomate Cherry 19
II.1.2.1. Descripción morfológica y taxonómica 19
II.1.2.2. Distribución geográfica. 20
II.1.2.3. Composición química 21
II.1.3. Quitosano 24
II.1.4. Vainillina 25
II.1.5. Orégano 26
II.1.5.1. Descripción morfológica y taxonómica 26
II.1.5.2. Distribución geográfica 27
II.1.5.3. Composición química del aceite esencial 27
II.1.5.4. Tipos de recubrimientos comestibles: 29
II.1.6. Recubrimiento Quitosano-Vainillina 30
II.1.7. Maduración de la fruta 31
II.1.7.1. Cambios de color durante la maduración 31
II.1.7.2. Cambios en la textura 32
II.2. Antecedentes del estudio 33
II.2.1. Antecedentes internacionales 33
II.2.2. Antecedentes nacionales 37
II.3. Bases teóricas 38
II.3.1. Recubrimiento Quitosano-Vainillina 38
II.3.1.1. Propiedades Barrera y Conservación 39
II.3.2. Parámetros fisicoquímicos 40
II.3.2.1. Sólidos Solubles Totales (SST) 40
II.3.2.2. Acidez Titulable (AT) 41
II.3.2.3. Índice de madurez 42
II.3.2.4. pH 43
II.3.2.5. Contenido de licopeno 43
II.3.3. Parámetros microbiológicos 43

II.3.3.1. Recuento Rápido de Aerobios en Petrifilm 43
II.3.3.2. Método de Recuento Rápido de Coliformes en Petrifilm 44
II.3.3.3. Recuento Rápido de Mohos y levaduras en Petrifilm 44
II.4. Glosario de términos 45
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES 46
III.1. Hipótesis 46
III.2. Variables 46
III.3. Operacionalización de variables 47
IV. MATERIALES Y MÉTODOS 49
IV.1. Área de estudio (Citar coordenadas) 49
IV.2. Diseño de investigación 49
IV.3. Población y muestra 49
IV.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información 49
IV.4.1. Recolección y almacenamiento de las muestras 49
IV.4.1.1. Obtención del tomate Cherry y clasificación taxonómica 49
IV.4.1.2. Obtención del aceite esencial de orégano 50
IV.4.2. Pruebas preliminares 50
IV.4.2.1. Caracterización química del AEO 50
IV.4.2.2. Densidad del AEO 50
IV.4.2.3. Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del AEO 51
IV.4.2.4. Permeabilidad al vapor de agua 55
IV.4.3. Preparación de las soluciones de recubrimiento 55
IV.4.4. Aplicación del recubrimiento 56
IV.4.5. Análisis fisicoquímicos 57
IV.4.5.1. Porcentaje de pérdida de peso (%PP) 57
IV.4.5.2. Sólidos solubles totales (SST) 57
IV.4.5.3. Acidez titulable (AT) 58
IV.4.5.4. Índice de madurez (SST/AT) 58
IV.4.5.5. Determinación de pH (pH) 59
IV.4.5.6. Contenido de licopeno 59
IV.4.6. Análisis microbiológicos 59
IV.4.6.1. Preparación de las diluciones 60
IV.4.6.2. Recuento de Aerobios Mesófilos (RAM) 61
IV.4.6.3. Recuento de Coliformes (RC) 61
IV.4.6.4. Recuentos de mohos y levaduras (RML) 62
IV.4.7. Procesamiento y análisis de datos 62
IV.5. Análisis estadístico 63
V. RESULTADOS 64
V.1. Determinación taxonómica 64
V.2. Obtención del aceite esencial de orégano 64
V.3. Pruebas preliminares 65
V.3.1. Caracterización química del AEO 65
V.3.2. Densidad del AEO 65
V.3.3. Cálculo de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del AEO. 65

Concentración Mínima Inhibitoria (µg/mL) 65
V.3.4. Permeabilidad al vapor de agua 67
V.4. Análisis fisicoquímicos 67
V.4.1. Porcentaje de pérdida de peso (%PP) 67
V.4.2. Sólidos solubles totales (SST) 68
V.4.3. Acidez titulable (AT) 69
V.4.4. Índice de madurez (SST/AT) 70
V.4.5. Determinación de pH (pH) 71
V.4.6. Contenido de licopeno (Ly) 72
V.5. Análisis microbiológicos 73
V.5.1. Recuento de Aerobios Mesófilos (RAM) 73
V.5.2. Recuento de Coliformes (RC) 74
V.5.3. Recuentos de mohos y levaduras (RML) 74
VI. DISCUSIÓN 76
VII. CONCLUSIONES 82
VIII. RECOMENDACIONES 82
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 83
X. ANEXOS 99
ANEXO 1: Constancia de Ficha Taxonómica. 99
ANEXO 2: Proceso de destilación. 100
ANEXO 3: Caracterización del AEO por GC-MS 103
ANEXO 4: CMI del AEO por microdilución 109
ANEXO 5: Prueba de permeabilidad al vapor de agua 110
ANEXO 6: Tomates Cherry 111
ANEXO 7: Pruebas fisicoquímicas 112
ANEXO 8: Pruebas microbiológicas 114
ANEXO 9: Prueba de normalidad 116
ANEXO 10: Prueba de homogeneidad 118
ANEXO 11: Pruebas estadísticas empleadas 120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Distribución geográfica del tomate Cherry 20
Figura. 2. Estructura química de un caroteno 21
Figura 3. Estructura química de una xantofila 21
Figura 4. Proceso de transformación de la quitina a quitosano 24
Figura 5. Estructura química de la vainillina 25
Figura 6. Principales constituyentes del AEO 28
Figura 7. Clasificación del tomate según el estado de madurez de la USDA 32
Figura 8. Reacción de base de Schiff entre vainillina y quitosano. 38
Figura 9. Reflexión y refracción en refractometría 40
Figura 10. Microdilución colorimétrica en microplaca para AEO y ciprofloxacino. 50
Figura 11. Esquema del método de acidez titulable. 54
Figura 12. Procedimiento de preparación de la diluciones de la muestra 56
Figura 13. Procedimiento para el RA, RC y RMH 58
Figura 14. Componentes principales presentes en el AEO 61
Figura 15. Determinación del CMI de AEO contra *S. aureus*. 62
Figura 16. Determinación de CMI de AEO contra *E. coli*. 62
Figura 17. Determinación de la CMI de Ciprofloxacino contra *S. aureus*. 62
Figura 18. Determinación de la CMI de Ciprofloxacino contra *E. coli*. 62
Figura 19. Porcentaje de Pérdida de Peso por grupo y día. 64
Figura 20. Sólidos Solubles Totales por grupo y día. 65
Figura 21. Acidez Titulable por grupo y día. 66
Figura 22. Índice de madurez por grupo y día. 67
Figura 23. pH por grupo y día. 68
Figura 24. Contenido de licopeno por grupo y día. 69
Figura 25. Recuento de mohos log(UFC/g + 1) por grupo y día. 71
Figura 25. Recuento de levaduras log(UFC/g + 1) por grupo y día. 71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción taxonómica de tomate Cherry 19
Tabla 2. Algunos alimentos y los carotenoides que contienen. 23
Tabla 3. Descripción taxonómica del orégano 27
Tabla 4. Condiciones de la operación 50
Tabla 5. Soluciones de recubrimiento 57
Tabla 6. Grupos para el análisis fisicoquímico 58
Tabla 7. Grupos para el análisis microbiológico 60
Tabla 8. Clasificación taxonómica (Sistema de clasificación APG IV - 2016) 65
Tabla 9. Rendimiento del AEO 65
Tabla 11. Densidad relativa del AEO 66
Tabla 12. CMI del AEO y ciprofloxacino AEO en µg/mL 67
Tabla 13. Comparación de la permeabilidad al vapor de agua 68
Tabla 14. Comparación de la (%PP) entre grupos en diferentes días 68
Tabla 15. Comparación SST entre grupos en diferentes días 70
Tabla 16. Comparación de la AT entre grupos en diferentes días 71
Tabla 17. Comparación del SST/AT entre grupos en diferentes días 72
Tabla 18. Comparación del pH entre grupos en diferentes días 73
Tabla 19. Comparación del contenido de Ly entre grupos en diferentes días 74
Tabla 20. Recuento de aerobios mesófilos por grupo y día en UFC/g 75
Tabla 21. Recuento de coliformes por grupo y día en UFC/g 76
Tabla 22. Recuento de mohos y levaduras por grupo y día en LogUFC/g 76

ABREVIATURAS

AEO : Aceite esencial de orégano
APG : Angiosperm Phylogeny Group
AT : Acidez titulable
Ch : Quitosano
FAO : Food and Agriculture Organization
Vn : Vainillina
MHN : Museo de Historia Natural
UNMSM : Universidad Nacional Mayor de San Marcos
RAM : Recuento de Aerobios Mesófilos
RC : Recuento de Coliformes
RML : Recuentos de mohos y levaduras
SST : Sólidos solubles totales (SST)
SST/AT : Índice de madurez
%PP : Porcentaje de pérdida de peso
Ly : Licopeno
CMH : Caldo Mueller Hilton
GC-MS : Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas
CLSI : Clinical and Laboratory Standards Institute
ODS : Objetivos de Desarrollo sostenible
USDA : Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

RESUMEN

La presente investigación determinó el efecto del recubrimiento a base de matriz de quitosano (Ch) - vainillina (Vn) con aceite esencial de orégano (AEO) sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del tomate Cherry. Para ello, se prepararon cuatro soluciones de recubrimiento: R_1 (Ch 1,5 % + Vn 5,0 % p/p de Ch), R_2 (Ch 2,0 % + Vn 7,5 % p/p de Ch), R_3 (Ch 1,5 % + Vn 5,0 % p/p de Ch + AEO), R_4 (Ch 2,0 % + Vn 7,5 % p/p de Ch + AEO). Para la evaluación fisicoquímica: un grupo sin recubrimiento (B) y cuatro grupos recubiertos con las soluciones R_1 (C1), R_2 (C2), R_3 (E1) y R_4 (E2). Mientras que para la evaluación microbiológica se usaron los grupos B, E1 y E2. Los resultados, evidenciaron un menor Porcentaje de pérdida de peso en los grupos con recubierta C2 (7,8%) y E2 (8%), una concentración más estable a lo largo del tiempo de SST en los grupos con recubierta, índice de madurez significativamente menor en los grupos E2 (9,52) y C2 (9,38) en comparación con el grupo B (12,5), el contenido de licopeno fue menor en los grupos con recubierta comparados con el grupo B. Con respecto a los resultados de las pruebas microbiológicas mostraron un nulo crecimiento de bacterias aerófilas y coliformes en todos los grupos. En el caso de mohos, en los grupos con recubrimiento no hubo crecimiento y en las levaduras el grupo E2 mostró un menor crecimiento (2,6 LogUFC/g). En conclusión, los tomates Cherry recubiertos con las soluciones formuladas mostraron resultados favorables con respecto a los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Palabras de clave: Recubrimiento, quitosano, vainillina, aceite esencial de orégano, tomate Cherry, análisis microbiológico, análisis fisicoquímico

ABSTRACT

This study evaluated the effect of a coating based on a chitosan (Ch)–vanillin (Vn) matrix with oregano essential oil (OEO) on the physicochemical and microbiological characteristics of cherry tomatoes. Four coating solutions were prepared: R1 (1.5% Ch + 5.0% Vn w/w of Ch), R2 (2.0% Ch + 7.5% Vn w/w of Ch), R3 (1.5% Ch + 5.0% Vn w/w of Ch + OEO), and R4 (2.0% Ch + 7.5% Vn w/w of Ch + OEO). For the physicochemical evaluation, one uncoated group (B) and four coated groups with solutions R1 (C1), R2 (C2), R3 (E1), and R4 (E2) were assessed. For the microbiological evaluation, groups B, E1, and E2 were used. The results showed a lower percentage of weight loss in the coated groups C2 (7.8%) and E2 (8%), a more stable soluble solids content (SSC) over time in the coated groups, and a significantly lower maturity index in groups E2 (9.52) and C2 (9.38) compared to the control group (12.5). Lycopene content was lower in the coated groups compared to group B. Regarding microbiological results, there was no growth of aerobic bacteria or coliforms in any group. For molds, no growth was observed in the coated groups, and for yeasts, group E2 showed the lowest growth (2.6 Log CFU/g). In conclusion, cherry tomatoes coated with the formulated solutions showed favorable results in both physicochemical and microbiological analyses.

Keywords: Coating, chitosan, vanillin, oregano essential oil, Cherry tomato, microbiological analysis, physicochemical analysis

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Planteamiento del problema

El tomate es el fruto u hortaliza más conocido a nivel mundial. La variedad cerasiforme, conocida como tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var cerasiforme), es importante a nivel latinoamericano, ya que se considera ancestro de otras variedades de la región [1]. Su cultivo es abundante debido a la demanda, sin embargo, si no se toman buenas medidas para su conservación, su tiempo de vida será menor [2].

Actualmente, un gran problema extendido alrededor del mundo es la pérdida en postcosecha de las frutas y hortalizas (entre ellas el tomate Cherry), que llegan a aproximadamente el 50 % de la producción total [3]. Esto se relaciona principalmente al almacenamiento inadecuado, daños mecánicos, proceso de recolección inapropiado, deterioro microbiológico y fisiológico. Siendo *Rhizopus Stolonifer, Geotrichum candidum y Xanthomonas campestris* los microorganismos más comunes que afectan al tomate [4].

Además, el tomate Cherry es un alimento perecedero que se caracteriza por ser propenso a deteriorarse en un periodo corto, si no se almacena a una temperatura adecuada [5]. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el Perú, el tomate es uno de los alimentos con mayores pérdidas [6].

Así, con el fin de retrasar el deterioro se han utilizado diferentes métodos para la conservación como la refrigeración, el uso de radiaciones ionizantes, atmósfera modificada y altas temperaturas [7]. Sin embargo, existe la preferencia por buscar desarrollar técnicas respetuosas con el medio ambiente, que permitan el uso de materiales naturales y biodegradables como el uso de recubrimientos comestibles [8].

Dichos recubrimientos suelen ser polisacáridos, lípidos, proteínas o una combinación de estas, que aplicadas al producto permiten el transporte de agua y gases, la retención de compuestos volátiles de aroma y el control de la tasa de crecimiento microbiano, retrasando el proceso de maduración y manteniendo las características fisicoquímicas de los alimentos [8].

Así, los recubrimientos a base quitosano, un polisacárido producido a partir de quitina, es una buena elección debido a sus propiedades antibacterianas y antifúngicas [9]. Adicionalmente, la incorporación de algún aceite esencial extraído de una planta mejora la acción antimicrobiana y las características fisicoquímicas [10]. Por ejemplo, el aceite esencial del orégano que es muy reconocido por sus propiedades antibacterianas, antivirales y antifúngicas, gracias al fenol monoterpénico que posee llamado carvacrol [11,12].

Asimismo, la vainillina, otro componente que puede ser agregado para complementar la matriz, es el ingrediente principal del extracto de vainilla, conocido por su sabor, fragancia, diversas propiedades bioactivas y potenciación antibiótica [13].

Teniendo en cuenta que no existen estudios acerca del efecto del recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano sobre características fisicoquímicas y microbiológicas de *Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme* "tomate Cherry" en el Perú y en el mundo, es de gran interés investigar sobre ello, para dejar las bases de conocimiento y aportar a las investigaciones futuras.

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto del recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano en las características fisicoquímicas y microbiológicas del tomate Cherry.

I.2.2. Objetivos específicos

- Formular el recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas del tomate Cherry recubierto.
- Evaluar las propiedades microbiológicas del tomate Cherry recubierto

I.3. Importancia y alcance de la investigación

I.3.1. Importancia económica

El tomate cultivado (*Solanum lycopersicum* L.) se posiciona como la segunda hortaliza más consumida a nivel global, solo superada por la papa. Su presencia es cosmopolita, abarcando altitudes desde el nivel del mar hasta los 3500 m.s.n.m., y su distribución territorial incluye países como Colombia, Ecuador, Perú y el norte de Chile, abarcando incluso las Islas Galápagos. Esta planta presenta dos variedades notables en términos de tamaño y forma de frutos: *lycopersicum* y *cerasiforme* [14]. La variedad *Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*, conocida como el tomate nativo peruano, adquiere especial relevancia en Latinoamérica al considerarse el antecesor del tomate domesticado, encontrándose en 14 departamentos del Perú [1].

En el ámbito económico, el tomate destaca como una de las principales hortalizas a nivel mundial, generando significativas ganancias a través de su comercialización. Según datos de la FAO, el valor de la producción mundial de tomate fresco alcanzó los 88 255 39 millones de euros en 2020. En el caso de Perú, las exportaciones de tomate fresco en 2022 ascendieron a 3,402 toneladas, con un valor de US$ 1,4 millones, registrando un aumento del +35 % en volumen y +69 % en valor en comparación con 2021[15,16]. El tomate no solo destaca por su relevancia económica, sino que también es una hortaliza ampliamente reconocida en todo el mundo por su significado cultural, la diversidad de sus variedades, así como su historia y orígenes. Por ello, esta investigación se hará debido a la importancia económica global, así como para contribuir a la conservación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del tomate Cherry.

I.3.2. Importancia técnica

La utilización del quitosano como material para la formación de películas ha ganado gran atención debido a sus propiedades notables, tales como su no toxicidad, biodegradabilidad, biocompatibilidad, alta resistencia mecánica, así como sus destacadas propiedades antimicrobianas y antifúngicas [17-19]. Estas características hacen del quitosano un agente eficaz en la preservación

de alimentos, específicamente en la inhibición de la descomposición de frutas. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, el quitosano presenta limitaciones en sus propiedades mecánicas y de barrera cuando se compara con plásticos no biodegradables de base petroquímica, lo que restringe su aplicabilidad en la industria del envasado de alimentos [19,20]. Para superar estas limitaciones, se propone la modificación de las propiedades físicas del quitosano mediante la adición de un agente reticulante el cual induce enlaces químicos intermoleculares e intramoleculares, conocidos como "cross-linking" [21]. Por tal motivo y alineado a las tendencias de utilizar agentes naturales se plantea como agente reticulante a la vainillina. La cual tiene propiedades antioxidantes, siendo un beneficio adicional si consideramos que la oxidación es una de las principales causas de deterioro en la calidad de los alimentos [17]. En este contexto la formulación de un recubrimiento utilizando vainillina y quitosano se presenta como una alternativa para desplazar el uso de materiales no degradables mediante el uso de compuestos biodegradables en la conservación de alimentos perecibles.

I.3.3. Importancia social

Frente a las actuales formas insostenibles de proporcionar alimentos, energía, movilidad, atención médica y agua surge una preocupación por resolverlos estableciéndose metas englobadas en 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [22]. Es así, que las universidades cumplen un rol principal en la generación de conocimiento y en la solución de los grandes desafíos que enfrenta la humanidad. Por tal motivo y concordancia con las líneas de investigación Calidad e inocuidad de los alimentos (A.4.0.1) y Recursos y productos naturales con potencial farmacéutico, alimentario, y cosmético (A.4.0.7) determinadas por la Facultad de Farmacia y Bioquímica con el fin de contribuir con los ODS 2 “ Hambre cero” y ODS 12 “Producción y consumo responsable” se presenta el recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano como una alternativa para conservar las características fisicoquímicas y microbiológicas del “tomate Cherry”, además de ser seguro, eficaz y respetuoso con el medio ambiente [23].

Por otro lado, de acuerdo con el Decreto Supremo, que reglamenta el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, refleja la

creciente importancia y atención que se otorga a la maximización de la eficiencia en el uso de materiales y a la gestión adecuada de los residuos sólidos. Por tal razón, la propuesta centrada en el desarrollo de un recubrimiento que influya en la conservación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del "tomate Cherry" se alinea de manera coherente con los principios y objetivos establecidos en este marco normativo. Este recubrimiento tiene el potencial de contribuir significativamente a la minimización de residuos sólidos en la cadena de producción y comercialización de productos agrícolas, como el "tomate Cherry" [24].

I.4. Limitaciones de la investigación

Las principales limitaciones en el desarrollo de esta investigación fueron la escasez de estudios relacionados con recubrimientos a base de quitosano-vainillina y aceite esencial de orégano. Además, no se han identificado investigaciones que aborden la aplicación de dicho recubrimiento en el tomate Cherry. Asimismo, el acceso a muchas publicaciones relevantes está restringido, ya que requieren membresía o una suscripción de pago, lo que dificulta la profundización en el tema.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

II.1. Marco teórico

II.1.1. Tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los frutos u hortalizas cosmopolitas más sembrados y consumidos a nivel mundial. Integra la familia Solanaceae, reconocido por su gran cantidad de especies y por la importancia que tienen en la alimentación, un ejemplo es la papa [25].

II.1.2. Tomate Cherry

El tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. c*erasiforme)* es una variedad de tomate muy importante en la región hispanoamericana, ya que, es considerado como el ancestro de las variedades que se desarrollaron en países como México, Ecuador, Perú y Chile, incluso en América Central [26].

II.1.2.1. Descripción morfológica y taxonómica

En el Perú se puede encontrar dos variedades de tomate Cherry: la nativa y la introducida. La variedad nativa posee ramas postradas de 1 m a 1,5 m de largo; tallos delgados y hojas pequeñas pubescentes; y su fruto es una baya globosa de 2 cm de diámetro, con dos carpelos. En contraste, la variedad introducida posee tallos robustos y hojas pequeñas pubescentes; y su fruto es una baya globosa de 3 cm de diámetro aproximadamente de dos a cinco carpelos [14].

Tabla 1. Descripción taxonómica de tomate Cherry [27]

Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Nueva Zelanda
Superorden	Asteranae Takht.
Orden	Solanales Juss. ex Bercht. y J. Pres
Familia	Solanáceas Juss.
Género	Solanum
Especies	*Solanum lycopersicum* L.

II.1.2.2. Distribución geográfica

Se ha desarrollado a lo largo del océano Pacífico desde los territorios de México, Ecuador, Perú, Chile, incluso logrando llegar hasta América Central y las Islas Galápagos. La especie ha ido estableciéndose en zonas de climas parecidos, y condiciones geográficas similares. En el Perú, se han encontrado distribuidos en 14 departamentos como se observa en la Figura 1 [25].

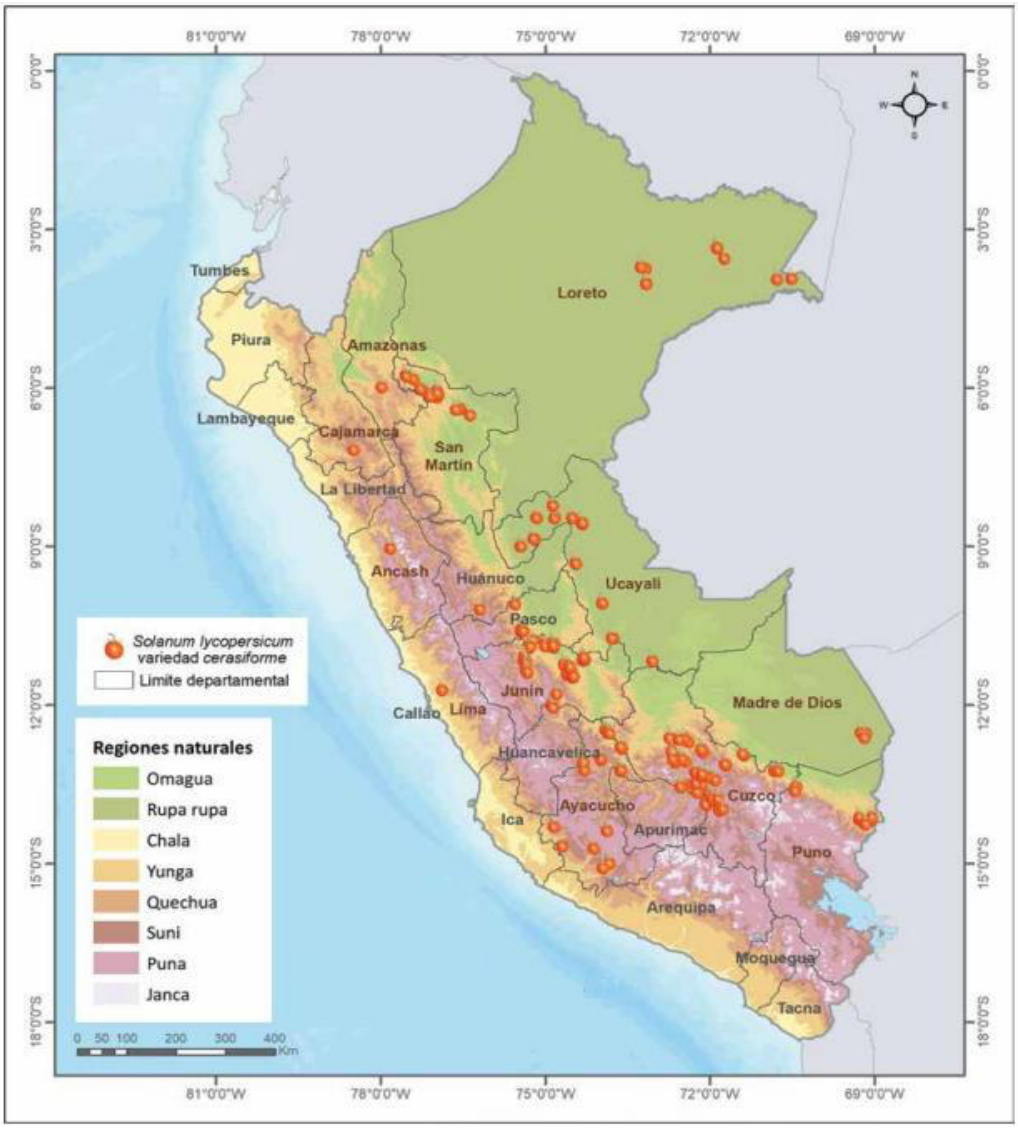


Figura. 1. Distribución geográfica del tomate Cherry

II.1.2.3. Composición química.

El tomate Cherry está compuesto por moléculas antioxidantes como el licopeno, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, flavonoides, vitamina E, vitamina A y C, ácido fólico, potasio, y varias sustancias fitoquímicas no nutritivas [28].

a) Carotenos y carotenoides

Desde la perspectiva química, son tetraterpenos compuestos por múltiples unidades de isopreno con un anillo de ciclohexano sustituido e insaturado en los dos extremos. Los carotenoides pueden clasificarse en carotenos (Figura 2), caracterizados por no contener oxígeno en sus anillos terminales y las xantofilas (Figura 3) que sí contienen átomos de oxígeno [29].

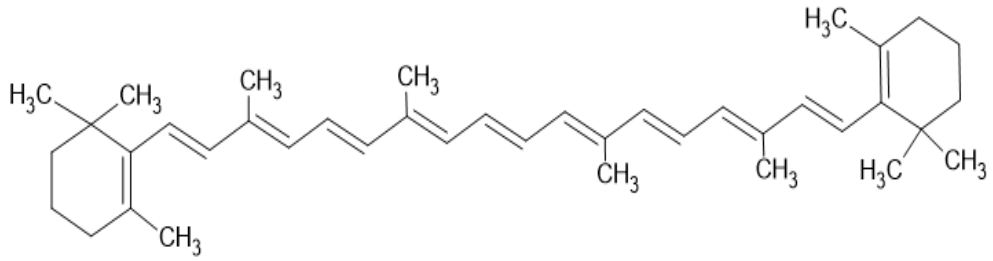


Figura. 2. Estructura química de un caroteno

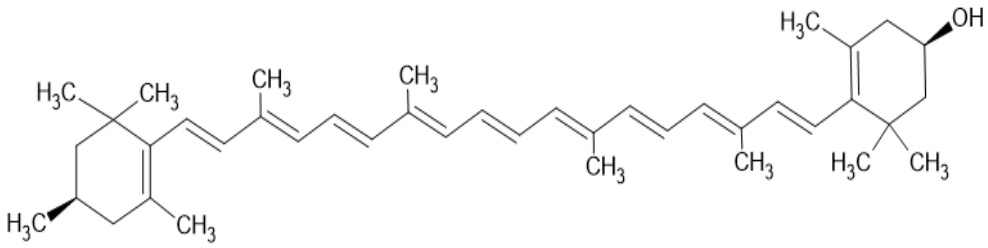


Figura 3. Estructura química de una xantofila

Los carotenoides son pigmentos orgánicos liposolubles, sintetizados por diferentes organismos como bacterias fotosintéticas, hongos, algas y principalmente plantas. Se caracterizan porque su capacidad de absorber y reflejar un rango de colores que pueden ser rojos,

amarillos, y anaranjados, los cuales, influyen en la coloración en las hojas, frutos y flores [30].

Además, poseen sensibilidad al oxígeno, calor y luz, así como, a los ácidos, metales, peróxidos y lipoxigenasas debido a que poseen cadenas insaturadas por los enlaces dobles que tienen en su estructura [31].

Tienen gran relevancia, ya que son considerados indispensables para la vida, esencialmente debido a las funciones vinculadas a la fotosíntesis como la captación de luz, disipación de excesos de energía, fotoprotección, entre otras [32].

Adicionalmente, ciertos carotenoides poseen la capacidad para actuar como provitamina A, es decir, son los precursores de la vitamina A dependiendo de la presencia de la β-ionona, mientras que otros pueden convertirse en retinol. Como ejemplos de carotenoides con actividad provitaminica tenemos al α-caroteno, β-zeacaroteno γ-caroteno, β-criptoxantina, apocarotenal y el más representativo el β-caroteno. En el caso de los no provitamínicos se encuentran las xantofilas como la zeaxantina, luteína, licopeno, astaxantina y violaxantina no son precursores de esta vitamina [33].

Los carotenoides se pueden encontrar en diversos alimentos como frutas y verduras, existen estudios que relacionan su ingesta con la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer y cataratas y degeneración macular por la edad, ya que estos tienen la propiedad de ser antioxidantes [34].

Tabla 2. Algunos alimentos y los carotenoides que contienen.

Alimento	Carotenoide
Tomate	Licopeno
Zanahoria	α-caroteno, β-caroteno
Maiz	Violaxantina
Naranja	Luteína / Zeaxantina
Pimientos	Capsantina, capsorubina

b) Licopeno

Desde el punto de vista químico, es un carotenoide que posee una estructura acíclica. Es isómero del β-caroteno y no tiene actividad provitamina A. Está presente en las frutas y verduras, como pigmento natural liposoluble causante del color rojo y naranja [35].

En su ambiente natural tiene un comportamiento estable, sin embargo, al extraerse se vuelven muy reactivos. Así este pigmento se puede degradar de las formas siguientes:

- Por reacciones de oxidación enzimáticas (lipoxigenasa) o no enzimáticas.
- Debido a su estructura química, el licopeno es una cadena abierta alifática conformada por cuarenta átomos de carbono con once enlaces dobles conjugados de los trece totales que tiene. Por ello, es considerado el mejor captador de radicales libres
- Por el efecto de la temperatura, ya que se comporta como acelerador de la reacción de degradación.
- Por efecto de la luz, porque inducen la ruptura de la estructura formando compuestos incoloros de bajo peso molecular [35,36].

El licopeno al igual que los carotenoides tienen la función de absorber la luz cuando se realiza el proceso de fotosíntesis, así, la planta es protegida de la fotosensibilización que podría ocurrir [37].

II.1.3. Quitosano

El quitosano es un polisacárido lineal producto de la desacetilación de la quitina, un biopolímero estructural presente en los exoesqueletos de artrópodos y paredes celulares de hongos y levaduras [38]. La quitina es de los biopolímeros más abundante y está compuesta cadenas de N-acetilglucosamina unidas por enlaces beta-(1→4). La reacción de o N-desacetilación (Figura 4) elimina los grupos acetilo de la quitina el cual tiene gran importancia ya que define las aplicaciones finales y el mecanismo de acción del quitosano [39].

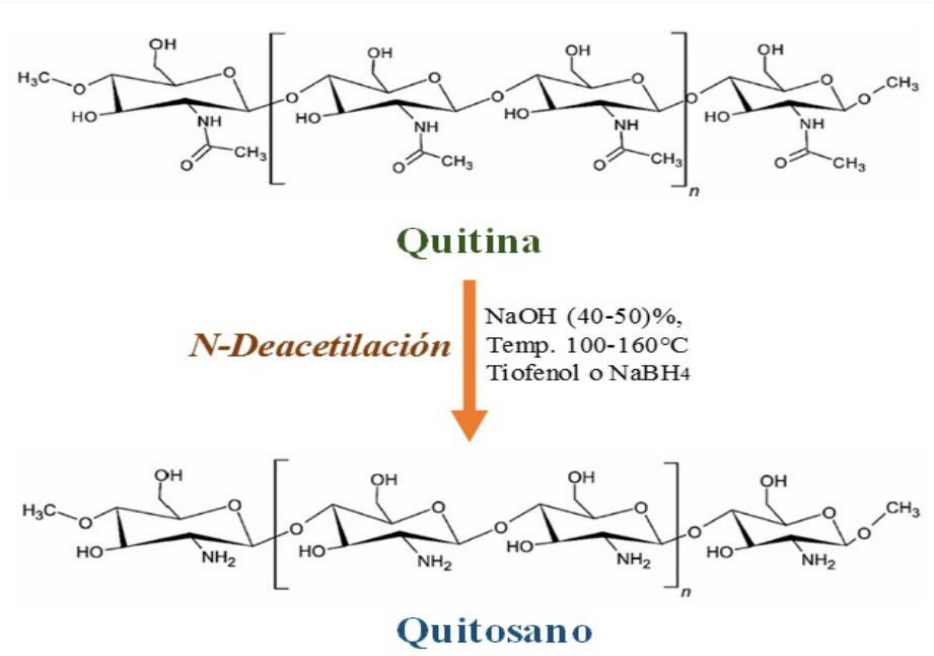


Figura 4. Proceso de transformación de la quitina a quitosano [38].

Las características del quitosano, como el peso molecular, solubilidad, color y pureza y sus aplicaciones finales, dependen de las condiciones del proceso de transformación de quitina a quitosano [38]. El quitosano es biorenovable, biocompatible, biodegradable, no tóxico e insoluble a pH neutro y básico. La presencia de grupos amino, que se ionizan en soluciones acuosas ácidas, incrementa su polaridad y repulsión electrostática, facilitando su solubilidad en soluciones ácidas a neutras [39].

El quitosano ha sido ampliamente investigado por sus aplicaciones en la preservación de alimentos, biotecnología, suplementos dietéticos, como

agente antifúngico y antibacteriano, cosméticos y antioxidantes, y nanofibras para la industria textil. Su actividad antimicrobiana se basa en la interacción electrostática entre los grupos amino del quitosano y los grupos carboxilo y fosfato de las superficies bacterianas, lo que altera la permeabilidad de la membrana celular, impide el intercambio de gases y causa la ruptura de la membrana. Además, esta actividad antimicrobiana se relaciona con el peso molecular y el grado de acetilación, ya que un menor peso molecular y grado de acetilación permiten controlar eficazmente el crecimiento microbiano [40].

II.1.4. Vainillina

La vainillina, por su estructura química (Figura 5), es un compuesto orgánico fenólico aromático con un grupo metoxi en la posición 3 y un grupo hidroxi en la posición 4, por ello, su nombre químico es 4-hidroxi-3-metoxibenzaldehido. También es conocido como aldehído vanílico o aldehído metilprotocatéquico [41].

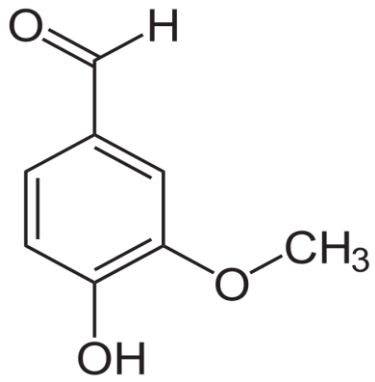


Figura 5. Estructura química de la vainillina

Las vainas de vainilla de las flores vainilla planifolia, tahitensis y pompona son las que dan el origen a la vainillina natural. Los principales productores, los cuales realizan la polinización manualmente son de Madagascar, Indonesia, Tahití, Martinica [42]. Sin embargo, existe un problema con la producción de vainillina natural, ya que, la cantidad producida es muy poca con respecto a la demanda. Debido a lo mencionado, existen formas artificiales para su obtención utilizando diversos compuestos químicos. Originalmente se usaba eugenol, no obstante, en los últimos años el 85 %

para la producción de vainillina proviene del compuesto petroquímico guayacol, y el resto de la lignina [43].

Es importante en el mundo ya que se emplea en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. Primordialmente, en la alimentaria, donde la vainilla, cuyo componente principal es la vainillina, destaca por su sabor presente en la mayoría de los dulces. Este compuesto funciona como potenciador de sabor y enmascarador de los sabores amargos [44].

Además, por ser un compuesto fenólico de bajo peso molecular, se caracteriza por poseer propiedades antimicrobianas y antioxidantes, y es aprovechado como conservante para alimentos. Tiene eficacia contra las bacterias Gram negativas, Gram positivas y levaduras y mohos [45].

II.1.5. Orégano

El orégano es una especie aromática originaria del mediterráneo y Asia occidental, se distribuye en áreas montañosas y colinas, donde prefiere suelos drenados y climas cálidos y secos. Su aceite esencial, compuesto principalmente por carvacrol y timol, es conocido por sus potentes propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias. Estas características hacen del orégano una planta valiosa tanto en la medicina tradicional como en la industria alimentaria y farmacéutica [46,47].

II.1.5.1. Descripción morfológica y taxonómica

El *Origanum vulgare* L., comúnmente conocido como orégano, presenta hojas con colores variados desde verde claro hasta marrón verdoso. Las dimensiones de las hojas varían en longitud hasta los 3 cm, posee bordes crenados y aserrados. Sus flores son racimos en forma de espigas con una longitud de 2,5 a 3 mm. Los cálices de la planta son gamosépalos y la corola de 5 mm de longitud es gamopétala [48]. En cuanto a su descripción taxonómica el orégano pertenece a la familia Lamiaceae. Esta especie es una planta perenne aromática que se clasifica dentro del género Origanum, que comprende diversas especies

de plantas aromáticas utilizadas tanto en la medicina tradicional como en la culinaria [49].

Tabla 3. Descripción taxonómica del orégano [50].

Categoría	Nombre
Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht
Superorden	Asteranae Takht.
Orden	Lamiales Bromhead
Familia	Lamiaceae Martinov
Género	Origanum
Especies	*Origanum vulgare* L. subsp. *vulgare*

II.1.5.2. Distribución geográfica

El orégano es originario de Europa y Asia occidental, y se encuentra ampliamente distribuido en la región mediterránea. Crece de manera silvestre en áreas montañosas y colinas, prefiriendo suelos bien drenados y climas cálidos y secos. También se cultiva en diversas partes del mundo debido a su valor económico y sus múltiples aplicaciones [46].

II.1.5.3. Composición química del aceite esencial

Los aceites esenciales son líquidos aromáticos hidrofóbicos con características volátiles y oleosas que se obtienen de los órganos de la planta como flores, tallos, hojas, raíces, frutos o de toda la planta [51]. El aceite esencial de orégano (AEO) se caracteriza por una alta presencia de compuestos fenólicos, terpenos y sesquiterpenos [52]. Sus principales componentes (Figura 6) son los isómeros carvacrol y timol, con concentraciones de hasta 85 %, seguidos de precursores isoméricos p-cimeno y γ-terpineno en concentraciones más bajas. Otros compuestos reportados son linalol, β-mirceno, hidrato de trans-sabineno y β-cariofileno [47]. Su composición puede variar según el origen de la planta, las partes

utilizadas como flores, hojas y tallos, y si fue cultivado bajo sombra [53]. Asimismo, el AEO presenta una alta actividad antioxidante debido a la presencia de compuestos fenólicos y tiene el potencial de reemplazar a los antioxidantes sintéticos utilizados en la industria [54,55].

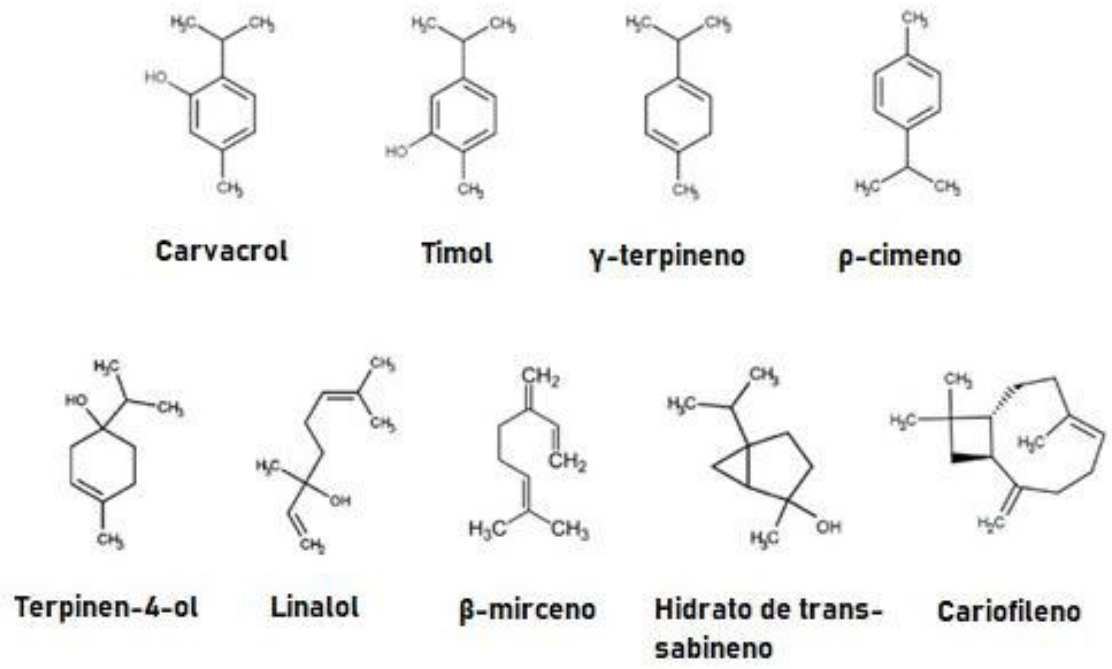


Figura 6. Principales constituyentes del AEO [47]

Se han empleado materiales biodegradables y ecológicos elaborados a partir de biopolímeros naturales como polisacáridos, proteínas y lípidos como cubiertas comestibles. Los biopolímeros forman películas delgadas y transparentes que actúan como barreras protectoras sin comprometer la seguridad del consumo. La aplicación de cubiertas comestibles se realiza generalmente en forma líquida, mediante inmersión, pulverización o recubrimiento. Una vez secas, forman una película semipermeable que permite el intercambio de gases y electrolitos, lo que regula la respiración de los productos frescos y mejora su calidad. Estas propiedades permiten preservar la frescura de los alimentos por más tiempo, optimizar su conservación y evitar el uso de aditivos químicos [56].

II.1.5.4. Tipos de recubrimientos comestibles:

a) Recubrimientos de Polisacáridos [57]

- Quitosano: Es un derivado de la quitina que se encuentra en los exoesqueletos de crustáceos y la pared celular de hongos.
- Alginato: Es un derivado de algas marrones que forma geles fuertes con cationes divalentes. Es una buena barrera para el oxígeno y retiene la humedad.
- Carragenina: Se extrae de algas rojas y tiene tres tipos principales (kappa, iota, lambda). Kappa forma geles fuertes con sales de potasio.
- Agar: Se obtienen de algas rojas, y forma geles fuertes y termorreversibles, ideales para recubrimientos transparentes y rígidos.
- Goma arábiga: Se obtiene de la savia de acacias. Es un polisacárido complejo con propiedades emulsificantes y formadoras de películas.
- Pectina: Se extrae de las paredes celulares de plantas. Se emplea para formar películas flexibles; no es una buena barrera contra la humedad.
- Celulosa: Es el polímero natural más común. Es derivado de plantas y forma películas biodegradables, y resistentes a grasas y aceites.

b) Recubrimientos de Proteínas [58]

- Caseína: Forma películas flexibles y transparentes con buenas propiedades de barrera contra gases. Se obtiene de la proteína de la leche.
- Gelatina: Forma películas transparentes y flexibles, pero es sensible a la humedad. Se obtiene del colágeno.

- Proteínas de Soja: Forman películas con buenas propiedades mecánicas y de barrera, pero pueden ser frágiles sin plastificantes.

c) Recubrimientos de Lípidos [59]

- Ceras: Proporcionan una excelente barrera contra la humedad. Se obtienen de la cera de abejas y la cera de carnauba.
- Triglicéridos y Ácidos Grasos: Se utilizan para mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua en combinaciones con otros biopolímeros.

d) Recubrimientos Compuestos [60]

- Combinaciones de Polisacáridos y Proteínas: Se mejoran las propiedades mecánicas y de barrera.
- Combinaciones de Polisacáridos y Lípidos: Se reduce la permeabilidad al vapor de agua y mejora la flexibilidad.

II.1.6. Recubrimiento Quitosano-Vainillina

La interacción entre el quitosano y la vainillina no solo se limita a sus aplicaciones en recubrimientos comestibles, sino que también se destaca por las propiedades químicas de sus enlaces híbridos. Estos compuestos interactúan a través de la formación de enlaces de base de Schiff, producto de la reacción entre los grupos amino del quitosano y el grupo aldehído de la vainillina, así como mediante enlaces de hidrógeno entre el grupo hidroxilo de la vainillina y los grupos hidroxilo o amino del quitosano. Esta red híbrida confiere propiedades dinámicas y estables al material, asegurando un balance entre cohesión estructural y capacidad de reorganización bajo diferentes condiciones ambientales [61]

Cuando estas interacciones químicas se integran en aplicaciones como los recubrimientos comestibles, se potencian las ventajas funcionales del sistema. La sinergia antimicrobiana del quitosano y la vainillina, junto con la mejora de la calidad fisicoquímica de los alimentos, es resultado directo de estas interacciones moleculares [62] Además, la capacidad del material para retrasar la respiración y la producción de etileno en los frutos subraya la

efectividad de esta combinación para prolongar la vida útil y mantener las propiedades nutricionales de productos frescos como el tomate. Así, la interacción quitosano-vainillina no solo mejora las características postcosecha, sino que también sienta las bases para el desarrollo de materiales innovadores y sostenibles en el sector agroalimentario [63].

II.1.7. Maduración de la fruta

La maduración es un proceso natural de la fruta donde se producen cambios sumamente coordinados de naturaleza bioquímica, fisiológica y sensorial. Los cambios de textura, color, sabor, aroma son apreciables mediante los sentidos, mientras que la cantidad de sólidos solubles, compuestos fenólicos, entre otros compuestos bioactivos, mediante el análisis [64]. Adicionalmente, se considera que dichos cambios ya están programados genéticamente y dependen de la expresión de los genes de maduración y enzimas codificadoras que catalizan procesos bioquímicos. Inclusive, la maduración de frutas involucra hormonas y cambios similares en la expresión genética, a menudo regulados por factores de transcripción (TF) estructuralmente relacionados [65].

En general, todos estos cambios se relacionan directamente con los atributos de calidad de la fruta, que determinan el atractivo para los humanos y animales y el precio del producto [65].

II.1.7.1. Cambios de color durante la maduración

El cambio de color en el fruto del tomate se asocia con los pigmentos fotosintéticos. Al menguar la cantidad de la clorofila del cloroplasto, se incrementa la cantidad de carotenoides como licopeno y β-caroteno que se asocia al desarrollo del proceso de maduración del fruto [66].

Adicionalmente, se considera que la luz del ambiente es trascendental para el cambio de color del fruto en la maduración, pues la actividad del fitocromo está vinculada a la acumulación de carotenoides como el licopeno [67].

Existe una clasificación (Figura 7) de los tomates de acuerdo con el estado de madurez elaborada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).



Figura 7. Clasificación del tomate según el estado de madurez de la USDA

II.1.7.2. Cambios en la textura

La variación debido al ablandamiento de la fruta durante la maduración se debe a modificaciones en la pared celular catalizadas por enzimas particulares que afectan a dicha estructura. Debido a estudios desarrollados con bastantes frutas, se conoce que existen 10 tipos de enzimas modificadoras, expresadas durante el proceso de maduración.

Enzimas como la poligalacturonasa (PG), pectinesterasa (PE), pectatoliasa (PL), y β-galactosidasa (β-GAL) pertenecen al grupo de enzimas que modifican a la pectina, mientras que enzimas como la expansina (EXP) y 1,4-β-glucanasa, xiloglucano transglicosilasa/hidrolasa (XTH) pertenecen a las que modifican la hemicelulosa/celulosa [68,69].

Cada enzima desarrolla un papel particular en el cambio de textura de la fruta y el funcionamiento conjunto de ellas, logra el ablandamiento. Por ejemplo, se conoce que las microfibrillas de celulosa se deslizan una sobre otras gracias a las expansinas, y también, se sabe que la enzima poligalacturonasa ayuda en la reducción de la longitud de la cadena de pectina [70].

II.2. Antecedentes del estudio

II.2.1. Antecedentes internacionales

Los recubrimientos comestibles presentan un interés global por su capacidad para preservar alimentos. El desarrollo de esta tecnología es impulsado por el interés de reducir los desperdicios de alimentos perecibles y las mermas producto de daños físicos y microbiológicos durante el almacenamiento [71].

Los recubrimientos comestibles surgen como una alternativa para conservar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los alimentos durante la cosecha y postcosecha, y del mismo modo durante el transporte y almacenamiento de los mismos [72,73].

Los recubrimientos comestibles forman una película delgada sobre la superficie de los alimentos, de esta manera forma una barrera entre el alimento y el medio ambiente. Por lo tanto, controlan la permeabilidad a los gases y reducen la pérdida de peso. De esta forma evita la maduración y mantiene la apariencia y del mismo modo las propiedades bioquímicas, extendiendo la vida útil [74].

Por ejemplo, en el año 2022 Jianfei Zhu et al. desarrollaron películas comestibles producidas a partir de quitosano y etil-vainillina con el objetivo de observar las características y propiedades que poseen. Para ello, prepararon las películas a partir de la reacción de base de Schiff de quitosano y etil-vainillina. Luego, procedieron a evaluar propiedades antioxidantes, térmicas, estructura morfológica de las películas, barrera óptica, el rendimiento mecánico y transmisión de vapor de agua. Los resultados mostraron que la resistencia a la tracción alcanzó un valor máximo a una concentración de 4 % de etil-vainillina, también a través de la película se evitó la difusión de agua y se logró una mayor actividad antioxidante [74].

Asimismo, Arcentales J. en el año 2022 evaluó el efecto del recubrimiento de moras con quitosano y aceite esencial de canela. Para ello, empleó concentraciones de aceite esencial de canela al 10 % y 25 % para elaborar los recubrimientos. Las moras fueron cubiertas por el método de inmersión.

Las características organolépticas y microbiológicas se evaluaron tras 30 días y el sabor en 5 días, considerando tres parámetros: sabor, grados Brix y peso. Los resultados demostraron que la cantidad de sólidos solubles en moras con recubrimiento se mantienen en el rango dispuesto por la Norma Nacional, en cuanto al peso no se encontró diferencias significativas entre las dos concentraciones habiendo reducido la pérdida de agua significativamente en comparación con el grupo control. En conclusión, el recubrimiento de quitosano y aceite esencial de canela ayuda a conservar por un mayor tiempo las características organolépticas y físicas de la mora [75].

En el año 2021, Raspo, et al. investigaron sobre el recubrimiento de películas a base de quitosano para la conservación de tomates Cherry. Para ello, fabricó dos grupos de películas; el primero a agitación 10 minutos a 25 °C y el segundo, a 60,7 °C y 50 minutos; para luego recubrir los tomates Cherry con ambas películas y dejarlos a temperatura ambiente y a 5°C. Los resultados que obtuvieron muestran que las películas a base de quitosano tienen un efecto protector ante microorganismos en los tomates Cherry [76].

En ese mismo año, también Baharuddin y Rubiyanto publicaron sus resultados sobre los recubrimientos a base de quitosano enriquecidos con aceite esencial de *Cymbopogon citratus* “hierba de limón” y *Ocimum citriodorum* L. “albahaca”. Las combinaciones de recubrimientos que utilizaron fueron quitosano (CT), quitosano-aceite de hierba de limón (CT-LO) y quitosano-aceite de albahaca (CT-BO). Para los recubrimientos utilizaron concentraciones de 0,25 %, 0,5 %, 0,75 %, 1 %, 1,25 % para ambos aceites esenciales y se aplicaron a fresas frescas, y se evaluó su efecto sobre la vida útil de las fresas durante el almacenamiento durante 15 días por pudrición fúngica. Los resultados obtenidos muestran que la incorporación de aceite de hierba de limón y de albahaca en recubrimientos de quitosano aumentó la vida útil de las fresas durante al menos 15 días a 27°C en comparación con las frutas no recubiertas, siendo así un método alternativo para prolongar la vida útil de las fresas [77].

Anteriormente, Rezaeifar M, et al. en el año 2020 estudiaron el efecto y características antimicrobianas y antioxidantes del recubrimiento a base de quitosano y aceite esencial y extracto de verbena de limón para mejorar la vida útil y calidad de la carne de truchas arcoíris envasada. Para ello, formaron diferentes grupos de carne de trucha que fueron recubiertos con la película y se almacenaron a una temperatura de 4 °C durante 16 días. Se evaluaron los aspectos sensoriales y microbiológicos. Sus resultados mostraron que el recubrimiento a base de quitosano y aceite esencial y extracto de verbena de limón mejoran los aspectos sensoriales y reducen el crecimiento microbiano. Se concluye que el recubrimiento con quitosano, aceite esencial y extracto de verbena de limón mejora la vida útil y calidad de la carne de truchas arcoíris envasada [78].

Ese mismo año, Safari en el 2020 publicó sus resultados acerca de los efectos de la combinación de quitosano y vainillina como recubrimiento en la calidad poscosecha de tomates almacenados a temperatura ambiente. Los recubrimientos se prepararon a diferentes concentraciones de quitosano (0,5 %; 1 % y 1,5 %) y de vainillina (10 mM y 15 mM). Para evaluar el potencial del recubrimiento en la calidad fisicoquímica se sumergieron en el recubrimiento y puestos en almacenamiento a 26 ± 2 °C y 60 ± 5 % humedad relativa (HR) durante 25 días. El estudio encontró que recubrir la fruta del tomate con una mezcla de quitosano al 0,5 % + vainillina 15 mM mejoró significativamente la vida útil de la fruta teniendo una menor incidencia de descomposición y una vida de almacenamiento más larga que la fruta sin recubrir. La fruta recubierta también tenía un mayor contenido de sólidos solubles totales y un pH más bajo, lo que indica que era menos susceptible al ablandamiento y al oscurecimiento. Los resultados de este estudio sugieren que la combinación de quitosano al 1,5 % + vainillina 15 mM es una estrategia prometedora para mejorar la calidad postcosecha de los frutos de tomate [63].

Anteriormente, Tamadoni en el año 2019 estudió el uso de la vainillina como agente reticulante natural para mejorar las propiedades de las películas a base de quitosano. Dado que las películas de quitosano suelen ser débiles y

tienen malas propiedades de barrera. Una solución es el tratamiento químico con agentes reticulantes los cuales inducen enlaces intermoleculares mejorando así la resistencia y las propiedades de barrera de las películas de quitosano planteando la vainillina como compuesto natural con propiedades antioxidantes que también se puede utilizar para entrecruzar películas de quitosano. Los autores encontraron que la formulación óptima para las películas de quitosano reticuladas con vainillina contiene 37,5 % de vainillina, 45 % de glicerol y una temperatura de secado de 57,5 °C. Las películas preparadas con esta formulación tenían propiedades mecánicas, de barrera y antioxidantes significativamente mejoradas, lo que las convierte en candidatas potenciales para una variedad de aplicaciones, como el envasado de alimentos y la administración de medicamentos [17].

El año anterior, Yusof N. et al en su trabajo de investigación realizado el 2018 evaluó el efecto de recubrimientos a base de quitosano y aceite esencial de *Curcuma longa* L. Se prepararon los recubrimientos a diferentes concentraciones de aceite esencial de *Curcuman longa* L. (10 µL, 15 µL y 20 µL). Las fresas se recubrieron y se observaron durante 5 días a temperatura ambiente. Los resultados demostraron que todas las concentraciones afectaron significativamente el proceso de maduración de las fresas siendo la de 10 µL la que tuvo mejores resultados en cuanto aspecto y zona de inhibición más alta. Por lo tanto, se concluye que la incorporación de aceite esencial de cúrcuma mejora las propiedades antimicrobianas del quitosano como recubrimiento [79].

II.2.2. Antecedentes nacionales

En Perú, no se cuentan con investigaciones de recubrimientos a base de quitosano y vainillina en tomate Cherry, sin embargo, existen otros estudios relacionados, por ejemplo, en el año 2021, Villar, K en investigó la formulación de Biopelículas de Quitosano funcionalizadas con aceite esencial de *Minthostachys mollis* “muña” con propiedad antioxidante y antimicrobiana. Para ello realizó 12 formulaciones de biopelículas con diferentes concentraciones de aceite esencial de Muña (0,5 %; 2 % y 5%) y quitosano (1 %, 2 % y 3 %). Las cuales caracterizó mediante las pruebas de fuerza de tracción, actividad captadora de radicales libres (DPPH) y el ensayo de zona de inhibición para determinar su actividad antimicrobiana. Los resultados que obtuvo mostraron que las propiedades mecánicas de las biopelículas funcionalizadas con aceite esencial de muña se vieron disminuidas en comparación con las biopelículas sin aceite esencial mientras que la actividad antioxidante fue potenciada. En relación con la actividad antimicrobiana las biopelículas mostraron inhibición de crecimiento bacteriano y fúngico. En conclusión, las biopelículas con concentraciones de 1% de quitosano y aceite esencial 2 % y 5 % podrían ser empleadas en el recubrimiento de alimentos para mejorar su conservación ya que poseen adecuada actividad antioxidante y antimicrobiana, así como propiedades mecánicas apropiadas [80].

Asimismo, años atrás, Ruiz Burga en 2018 determinó la eficacia del revestimiento a base de quitosano y aceite esencial de *Citrus aurantifolia* y *Origanum vulgare* para prevenir infecciones por *Botrytis cinerea* en *Lycopersicon esculentum* “tomate”. La actividad inhibitoria se probó de forma in vitro por medio del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial, obteniendo resultados de 100 % con quitosano y aceite esencial de *Origanum vulgare*. Para la aplicación de los revestimientos se seleccionaron las combinaciones de quitosano (4 mg/ml) aceite esencial de orégano (5 µL/mL) y limón (20 µL/mL) para cubrir los tomates. Se almacenaron a una temperatura 25°C en recipientes de polietileno por 15 días. Los resultados mostraron que la combinación de quitosano (4 mg/ml) y aceite esencial de

orégano (5 µL/mL) disminuyeron significativamente la severidad de infección en tomates contaminados por *Botrytis cinerea*. Se concluye que los recubrimientos compuestos por quitosano y *Origanum vulgare* pueden llegar a ser un tratamiento alternativo para recubrir alimentos debido a su eficacia igual o menor al de fungicidas sintéticos [81].

Hasta la fecha no existen investigaciones sobre el efecto producido del recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del tomate Cherry. Por lo tanto, basándonos en los antecedentes internacionales y nacionales revisados, que evidencian cómo los recubrimientos a base de quitosano y aceites esenciales mejoran las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de diversos frutos y prolongan su conservación, se decidió estudiar un recubrimiento compuesto por quitosano, vainillina y aceite esencial de orégano. Este enfoque busca evaluar su efecto en la conservación del tomate Cherry mediante la formación de una base de Schiff entre el quitosano y la vainillina, lo que permitirá analizar los resultados obtenidos.

II.3. Bases teóricas

II.3.1. Recubrimiento Quitosano-Vainillina

El recubrimiento quitosano-vainillina es empleado como barrera y ayuda a mantener las propiedades de la fruta debido a sus actividades antimicrobianas y antioxidantes [82]. La reacción entre el grupo amino libre del quitosano y el grupo carbonilo de la vainillina forma una base de Schiff, que posee un enlace imina (-C=N-), el cual brinda estabilidad química y mecánica al recubrimiento. Asimismo, se generan modificaciones estructurales en la red del quitosano que altera su capacidad de interacción mediante enlaces de hidrógeno, el cual facilita la formación de películas homogéneas y resistentes [83]. Por otro lado, la vainillina en la matriz del quitosano mejora la actividad antimicrobiana y antioxidante [84]. La optimización de las condiciones de síntesis, como el pH y la proporción molar de los reactivos, permite ajustar las propiedades finales del recubrimiento según los requerimientos específicos [83].

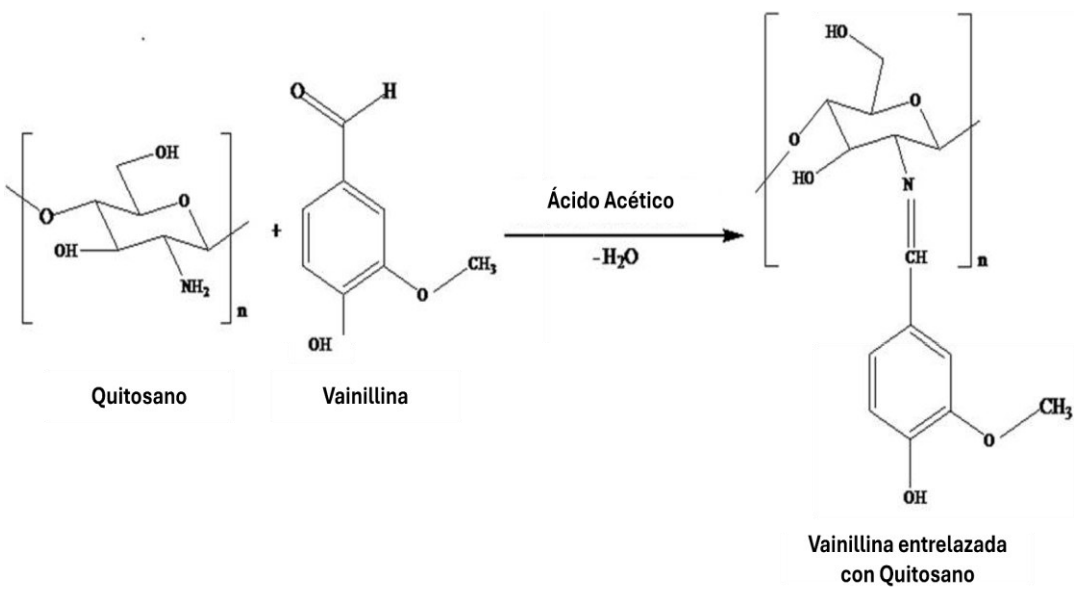


Figura 8. Reacción de base de Schiff entre vainillina y quitosano. [84]

II.3.1.1. Propiedades Barrera y Conservación

a) Reducción de la Permeabilidad:

Limita la transferencia de oxígeno y vapor de agua a través de la superficie de las frutas; en consecuencia, disminuye la pérdida de humedad y retarda los procesos oxidativos, factores críticos para el mantenimiento de la frescura y calidad de los alimentos [82].

b) Actividad Antimicrobiana:

La vainillina inhibe la proliferación de microorganismos patógenos y deteriorantes, como bacterias y hongos; este efecto es potenciado por la interacción del quitosano con las membranas microbianas [85,86].

c) Capacidad Antioxidante:

La estructura aromática de la vainillina permite neutralizar especies reactivas de oxígeno, lo cual retarda los procesos de oxidación de lípidos y pigmentos, lo que mantiene las características organolépticas y nutricionales de las frutas durante su almacenamiento [86,87,88].

d) Liberación Controlada:

La interacción entre el quitosano y la vainillina permite la liberación gradual de esta última. Este efecto prolonga la acción antimicrobiana y antioxidante del recubrimiento [82,83].

II.3.2. Parámetros fisicoquímicos

II.3.2.1. Sólidos Solubles Totales (SST)

Es un método que mide la cantidad de sustancias disueltas, principalmente azúcares, en una solución; el cual es empleado en alimentos líquidos y frutas. Se determina mediante el índice de refracción (RI). El RI es una constante adimensional que mide el paso de la luz de

un medio a otro, expresado como la ratio de los senos del ángulo del rayo incidente y refractado (Ecuación 1).

$$n = \frac{\text{Sen (ángulo del rayo incidente)}}{\text{Sen (ángulo del rayo refractado)}} \qquad (1)$$

El RI se emplea para describir la naturaleza de un alimento como aceite, jarabe u otro líquido y depende de la densidad relativa de ambos medios, la concentración del compuesto en el líquido, la temperatura y la longitud de onda de la luz. Asimismo, debido a que el RI de una solución aumenta con la concentración se ha aprovechado en el análisis de los sólidos solubles totales de alimentos a base de carbohidratos, como jarabes de azúcar, productos de frutas y productos de tomate. En consecuencia, los refractómetros se calibran en °Brix (gramos de sacarosa por cada 100 gramos de muestra) que equivale al porcentaje de sacarosa en base a peso/peso. Las mediciones del RI se emplean para aproximar la concentración de azúcar en los alimentos [89].

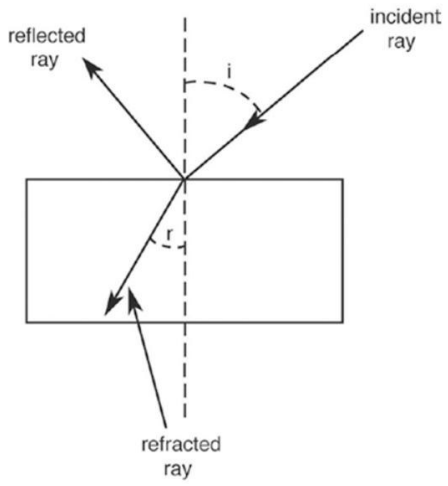


Figura 9. Reflexión y refracción en refractometría [89]

II.3.2.2. Acidez Titulable (AT)

La acidez titulable mide la concentración total de ácidos en un alimento mediante la neutralización ácido-base. En esta reacción los protones (H^+) del ácido reaccionan con los iones hidroxilo (OH^-) de la base para formar agua (H_2O) y una sal (Ecuación 2) [89].

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O \quad (2)$$

En los alimentos, se encuentran ácidos débiles orgánicos como el ácido cítrico, málico, láctico, tartárico y acético e inorgánicos como el ácido fosfórico y el ácido carbónico. Los ácidos débiles (HA) no liberan todos sus H^+ inmediatamente debido al equilibrio químico (Ecuación 3) [89].

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \quad (3)$$

Durante la titulación, se añade una base fuerte, como hidróxido de sodio (NaOH). Los OH^- neutralizan los H^+ libre para formar agua. Al disminuir la concentración de H^+, el equilibrio químico se desplaza hacia la derecha para liberar más H^+ y compensar la disminución. Este proceso continúa hasta neutralizar todos los H^+ disponibles y alcanzar el punto de equivalencia [89].

Este parámetro influye en diferentes características del alimento:

- Sabor: En la percepción de acidez
- Color: Interacciona con pigmentos sensibles al pH (ej. Antocianinas)
- Estabilidad microbiana: Sensibilidad de los microorganismos al pH
- Conservación: Afecta la estabilidad química del alimento

Métodos para medir la acidez titulable

a) Indicador de pH:

Se emplean por ser prácticos, pero sobreestiman ligeramente el punto de equivalencia debido a limitaciones por el cambio de color del indicador. Ej. Fenolftaleína, que cambia de incoloro a rosa en un rango de pH de 8,0 a 9,6 [89].

b) Método potenciométrico:

Se emplea el potenciómetro para registrar el punto de equivalencia. Es más preciso para curvas complejas como en ácidos polipróticos [89].

II.3.2.3. Índice de madurez

Es un parámetro evalúa la madurez de frutas y vegetales, y está relacionado con el desarrollo fisiológico del fruto, calidad organoléptica y nutricional. El término “madurez” indica la culminación del desarrollo del fruto en la que presenta características ideales para su consumo o procesamiento, como sabor, color, textura y aroma. Durante la maduración, el almidón se convierte en azúcar y constituye la mayoría de los sólidos solubles totales; por otro lado, la concentración de ácidos orgánicos disminuye, el cual es medida por la acidez titulable. En consecuencia, la relación azúcar-ácido o sólidos solubles totales-ácidos es frecuentemente un indicador más fuerte que la palatabilidad de la fruta, el nivel de azúcar o el nivel de ácido por sí solo [90].

El índice de madurez determina la aceptabilidad del fruto para el consumidor y puede influir en su vida útil. Las frutas cosechadas con una proporción adecuada de azúcares y ácidos tienen mayor probabilidad de mantener su calidad durante el almacenamiento y transporte [91].

II.3.2.4. pH

Es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno (H^+) o hidronio (H_3O^+) (Ecuación 4) [81].

$$pH = -\log[H^+] \quad (4)$$

Para medir el pH, se emplea el potenciómetro, el cual mide el voltaje a una corriente extremadamente baja. Se emplea una celda electrolítica con dos electrodos sumergidos en la solución a analizar. La diferencia de potencial entre los electrodos es proporcional a la concentración de H_3O^+ en la solución [89].

II.3.2.5. Contenido de licopeno

El licopeno es un tetraterpeno lineal formado por ocho unidades de isopreno, cuya estructura contiene 13 enlaces dobles, 11 de ellos

conjugados, por lo que absorbe luz en el espectro visible obteniendo una tonalidad rojiza. Su síntesis y acumulación está relacionado con el proceso de maduración del fruto, por lo que es empleado como un marcador para evaluar la calidad y estado de desarrollo del tomate. Este compuesto aporta valor estético y en la percepción de la calidad del tomate como el color uniforme que es una característica valorada por el consumidor. La acumulación de licopeno depende de factores como la temperatura, luz y condiciones de cultivo [91,92].

II.3.3. Parámetros microbiológicos

II.3.3.1. Recuento Rápido de Aerobios en Petrifilm

El Método de Recuento Rápido de Aerobios en Placas Petrifilm es una técnica microbiológica que emplea placas preparadas con un medio de cultivo listo para su uso inmediato. Estas placas contienen nutrientes esenciales del Agar Standard Methods (Dextrosa, extracto de levaduras levadura, digerido de peptona caseina) para el crecimiento bacteriano, un agente gelificante soluble en agua fría y el indicador de color rojo tricloruro de trifenil tetrazolio (TTC). Gracias a esta combinación, las bacterias aeróbicas se desarrollan formando colonias de color azul o rojo en la superficie de las placas Petrifilm [93,94].

II.3.3.2. Método de Recuento Rápido de Coliformes en Petrifilm

Se caracteriza por ser una técnica microbiológica que utiliza placas preparadas con un medio de cultivo listo para su uso inmediato. Dicho medio se caracteriza por ser selectivo, y por estar compuesto de nutrientes como la bilis roja violeta (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de la actividad de la glucuronidasa (5-bromo-4-cloro-3-indolil-D-glucuronosido (BCIG)) y un indicador de tetrazolio. Estos dos últimos componentes permiten el fácil conteo de las colonias de coliformes y *E. coli* en muestras de alimentos y bebidas. Tras un periodo de incubación de 24 a 48 horas, se obtiene información precisa sobre el número total de coliformes y la presencia de *E. coli* [95].

II.3.3.3. Recuento Rápido de Hongos y levaduras en Petrifilm

Es una técnica microbiológica que emplea placas especiales para la detección ágil de estos microorganismos. Estas placas vienen preparadas con un medio de cultivo que incluye nutrientes del agar sabhi (mezcla de agar glucosa de Sabouraud y el agar BHI (infusión de cerebro y corazón), antibióticos (clorotetraciclina y cloramfenicol), un agente gelificante que se disuelve en agua fría y un indicador BCIP(fosfato de 5-bromo-4-cloro-3-indolilo) que facilita la identificación de mohos y levaduras. El método se basa en la actividad de la enzima fosfatasa, presente en todas las células vivas, la cual genera una coloración azul uniforme o como puntos en el en el medio [96].

II.4. *Glosario de términos*

- **Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)**: Es la concentración de menor valor de un agente con propiedades antibacterianas, que es capaz de detener el crecimiento de una determinada bacteria en un medio de cultivo definido, es decir, en condiciones in vitrio [97].

- **Polisacárido**: Es una macromolécula cuya estructura química está constituida por la unión de diez a más monosacáridos mediante enlaces glucosídicos en cadenas ramificadas y no ramificadas. Se pueden extraer de los animales, plantas y microorganismos [98].

- **Placa Petrifilm**: Una placa Petrifilm es un sistema de medio de cultivo que puede utilizarse para enumerar microorganismos en muestras de alimentos y ambientales de forma más rápida y sencilla [99].

- **Base de Schiff**: Es un compuesto orgánico resultado de la condensación de un grupo amino con un grupo carbonílico (cetonas o aldehídos), constituyéndose así el grupo imina (C=N) [94].

- **Grados Brix:** Indica la cantidad de sólidos disueltos (Sólidos solubles totales) en un líquido medido a través de su gravedad específica (SG). Un grado Brix representa 1 g de sacarosa disuelto en 100 g de solución (1°Brix = 1 % de azúcar) [100].

- **Isopreno**: El isopreno componen la base de los compuestos isoprenoides . Los isoprenoides, también conocidos como terpenoides, tienen de una a varias unidades de isopreno, una cadena ramificada de cinco carbonos [101].

- **Fenolftaleína**: indicador ácido-base utilizado con frecuencia. Donde en soluciones acuosas con un pH inferior a 8,3, es incoloro y pH ≈ 10 su color es violeta [102].

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

III.1. Hipótesis

El recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano mejora las características fisicoquímicas y microbiológicas del “tomate Cherry”.

III.2. Variables

- Variable independiente:

  Recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano.

- Variable dependiente:

  Características fisicoquímicas y microbiológicas del “tomate Cherry”.

III.3. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición	Dimensiones	Indicadores	Medición	Instrumento
Independiente Recubrimiento a base de matriz de quitosano - vainillina con aceite esencial de orégano.	Cuantitativa	**Conceptual** Mezcla de componentes que mejora las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del fruto al recubrirlo. **Operacional** Se manipuló la variable mediante preparación de soluciones de recubrimiento que tuvieron buenos resultados.	Concentración de quitosano 0.5 %- 3% Concentración de vainillina (p/p de ch) 4%- 8.5%	Formulación del recubrimiento Clasificación taxonómica del tomate Cherry	%	-

Dependiente Características fisicoquímicas y microbiológicas del “tomate Cherry”	Cuantitativa	**Conceptual** -Porcentaje de pérdida de peso: Diferencia porcentual del peso respecto al peso inicial y el peso medido. -AT: Capacidad de la solución para reaccionar con una solución de base fuerte a un valor de pH específico. -SST: contenido de carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas, grasas y minerales del fruto. -pH: Medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución. -Contenido de licopeno: Cantidad de licopeno presente en el fruto. -RAM: Cantidad de aerobios mesófilos expresada en Log UFC/g -RC: Cantidad de coliformes expresada en Log UFC/g -RHL: Cantidad de hongos y levaduras expresada en Log UFC/g	Características fisicoquímicas Características microbiológicas	-Pérdida de peso (%PP) -Acidez titulable (AT) -Sólidos solubles totales (SST) -Índice de madurez (SST/AT) -Determinación de pH. -Cantidad de aerobios, mesófilos, coliformes, mohos y levaduras.	% % Grados Brix °brix/AT $[H^+]/[OH^-]$ LogUFC/ml	Balanza - Refractómetro - Potenciómetro Petrifilm

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. Área de estudio (Citar coordenadas)

Los tomates Cherry fueron cosechados, envasados en el huerto de la empresa Consorcio Exportador S.A.C., ubicados en Calle Los Talladores 156 Ate, Lima, Perú,

IV.2. Diseño de investigación

La investigación es de tipo analítico prospectivo.

IV.3. Población

Frutos de tomate Cherry provistos por Consorcio Exportador S.A.C. comercializados en el supermercado Wong, Lima.

IV.4. Muestra

3 kg de frutos de tomate Cherry, divididos en 5 grupos.

IV.5. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información

IV.5.1. Recolección y almacenamiento de las muestras

IV.5.1.1. Obtención del tomate Cherry y clasificación taxonómica

Los frutos de tomate Cherry fueron provistos por Consorcio Exportador S.A.C. en el supermercado Wong, Lima. Fueron seleccionados aquellos frutos similares entre sí, sin deterioros físicos, buen aspecto, color, tamaño y forma.

Luego fueron trasladados a la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y fueron almacenados en el Laboratorio de Carbohidratos de Química Orgánica del Instituto de Ciencias Farmacéuticas y Recursos Naturales Juan de Dios Guevara.

Luego esta especie vegetal fue llevada al Museo Nacional de Historia (MNH) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) para ser clasificada según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).

IV.5.1.2. Obtención del aceite esencial de orégano

Para la obtención del aceite esencial de orégano se recolectó 23,7 kg de la especie vegetal proveniente de Pampas, Huancavelica. Se realizaron tres destilaciones consecutivas, añadiendo 8 kg de orégano con 36 litros más 18 litros de agua para humedecer las hojas. Se empleó un destilador de 100 litros y un tiempo de destilación de 2 horas. El porcentaje de rendimiento se calculó según la ecuación 5.

$$\%\ \text{rendimiento} = \frac{\text{Volumen aceite esencial (mL)}}{\text{Masa de planta (gramos)}} \times 100 \qquad (6)$$

IV.5.2. Pruebas preliminares

IV.5.2.1. Caracterización química del AEO

La caracterización del AEO se encargó al Laboratorio de Investigación y Certificaciones (Labicer) por el método de GC-MS con condiciones determinadas (Tabla 4). Se usó el cromatógrafo de gases Shimadzu, GC-2010 Plus con automuestreador: Shimaduzo , AOC-6000 y detector de espectrometría de masas Shimadzu, GCMS-QP210 Ultra, con columna GC: Restek. RTX-5MS, 30 m x 0,25 mm ID x 0,25 µm df. Serial:1346249.

Tabla 4. Condiciones de la operación

Inyección Líquida (AOC-6000)	
Jeringa	LS1-10 µL
Ciclo de Pre- Enjuague	3
Ciclos de Enguajue con Muestra	1
Razón de Flujo Aspiración	1 µL/S
Inyector	SPL1
Razón de Flujo de Inyección	100 µL/S
Ciclos Post-Enjuage	3
Volumen de Inyección	1,0 µL
Puerto de Inyección	
Tipo	Split
Razón de Split	20,0
Temperatura	220 °C
Modo de control de flujo	Velocidad Lineal (32,4 cm/sec)
Flujo de columna	0,80 mL/min
Flujo de pugna	3 mL/min
Volumen de Inyección	1,0 µL
Detector	
Tipo	Masas
Temperatura de Fuente de Iones	250 °C
Temperatura de Interface	290 °C
Tiempo de corte	2 min
Tiempo de inicio de MS	3 min
Energía de ionización	70 eV
Modo de adquisición	SCAN
Rango SCAN	20 - 500 m/z
Columna cromatográfica	
Tipo	Rtx® - 5 MS
Dimensiones	30 m x 0,25 mm x 0,25 µm

Primero se realizó el secado de la muestra de aceite esencial con sulfato de sodio anhidro y se filtró usando filtros de jeringa de 0,45 µm. Luego, se diluyó 0,20 mL de la muestra filtrada con n-hexano (filtrado), enrasando en una fiola de 10 mL. Se trasvasó la muestra diluida en un vial, el cual se colocó inmediatamente en el automuestreador del GC MS.

IV.5.2.2. Densidad del AEO [103]

Se determinó la densidad del aceite esencial de orégano por el método del picnómetro, para ello primero se pesó el picnómetro vacío, luego se pesó el picnómetro enrasado con agua y finalmente se pesó el picnómetro enrasado con aceite esencial. Con esos tres datos anotados se calculó la densidad del picnómetro con la ecuación 6 [93].

$$\rho_d = \frac{m_{p+d} - m_p}{m_{p+w} - m_p} \cdot \rho_w \qquad (6)$$

ρ_d : densidad del aceite esencial

ρ_w : densidad del agua

m_p : masa del picnómetro vacío

m_{p+d} : masa del picnómetro enrasado con aceite esencial

m_{p+w} : masa del picnómetro enrasado con agua

IV.5.2.3. Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del AEO [104]

El cálculo de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del AEO se realizó por el método de microdilución en placa, para ello se usó microplacas estériles de 96 pocillos.

Los microorganismos usados para el ensayo fueron *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 y *Escherichia coli* ATCC 8739 proveídas por el Centro Latinoamericano de Enseñanza e Investigación en Bacteriología Alimentaria (CLEIBA) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM

Como primer paso se realizó la preparación del inóculo, para ello, previamente, se realizó el repique de las bacterias en agar Tripticasa

Soya incubadas por 24 horas a 37 °C. Al día siguiente, se preparó la suspensión de *S. aureus y E. coli* en solución salina 0,85 % estéril, luego con ayuda de un asa de Kolle se procedió a ajustar la turbidez según el tubo 0,5 de la escala de McFarland para obtener 1-2 x 10^8 UFC/mL aproximadamente de concentración de bacterias.

Preparación del control

Siguiendo las recomendaciones del CLSI, para la preparación del control positivo se usó Ciprofloxacino, el cual se diluyó en agua destilada para obtener una concentración de 5120 µg/mL (Solución stock). Luego, se tomó 100 µL de la solución stock y se diluyó con 900 µL de Caldo Muller Hilton (CMH), obteniéndose la primera dilución con concentración de 512 µg/mL. Después, se coloca 100 µL de solución conformada por resazurina y CMH en el pocillo de la columna 1 para ser utilizada como Control de esterilidad (CE). Luego, de la primera dilución se transfiere 100µL al pocillo de la columna 2. A continuación, se colocó 50 µL de solución conformada por CMH, suspensión bacteriana y resazurina, desde el pocillo de la columna 3 hasta el pocillo de la columna 12. Seguidamente, de la columna número 2, se extrajo 50 µL, y se trasvasó a la columna número 3, obteniéndose la segunda dilución con una concentración de 216 µg/mL. Inmediatamente, de esta dilución se extrajo 50 µL, y se trasvasó a la columna número 4, obteniéndose la tercera dilución con una concentración de 128 µg/mL y así sucesivamente se siguió con el mismo procedimiento hasta la columna 11 donde se obtuvo la décima dilución con una concentración de 1,0 µg/mL. Este procedimiento se realizó por triplicado.

Preparación de la muestra

Para la preparación de la muestra de AEO se siguió las recomendaciones del CLSI, para ello, se preparó la solución stock del AEO a una concentración de 573,4 µg/mL (800 µL AEO: 200 µL Polisorbato 20: 1000 µL Caldo CMH). Luego, se tomó 100 µL de la solución stock y se diluyó con 900 µL de Caldo Muller Hilton (CMH),

obteniéndose la primera dilución con concentración de 57,34 µg/mL. Después, se coloca 100 µL de solución conformada por resazurina y CMH en el pocillo de la columna 1 para ser utilizada como Control de esterilidad (CE). Luego, de la primera dilución se transfiere 100µL al pocillo de la columna 2. A continuación, se colocó 50µL de solución conformada por CMH, suspensión bacteriana y resazurina, desde el pocillo de la columna 3 hasta el pocillo de la columna 12. Seguidamente, de la columna número 2, se extrajo 50 µL, y se trasvasó a la columna número 3, obteniéndose la segunda dilución con una concentración de 28,67 µg/mL. Inmediatamente, de esta dilución se extrajo 50µL, y se trasvasó a la columna número 4, obteniéndose la tercera dilución con una concentración de 14,34 µg/mL y así sucesivamente se siguió con el mismo procedimiento hasta la columna 11 donde se obtuvo la décima dilución con una concentración de 0,11 µg/mL. Este procedimiento se realizó por triplicado.

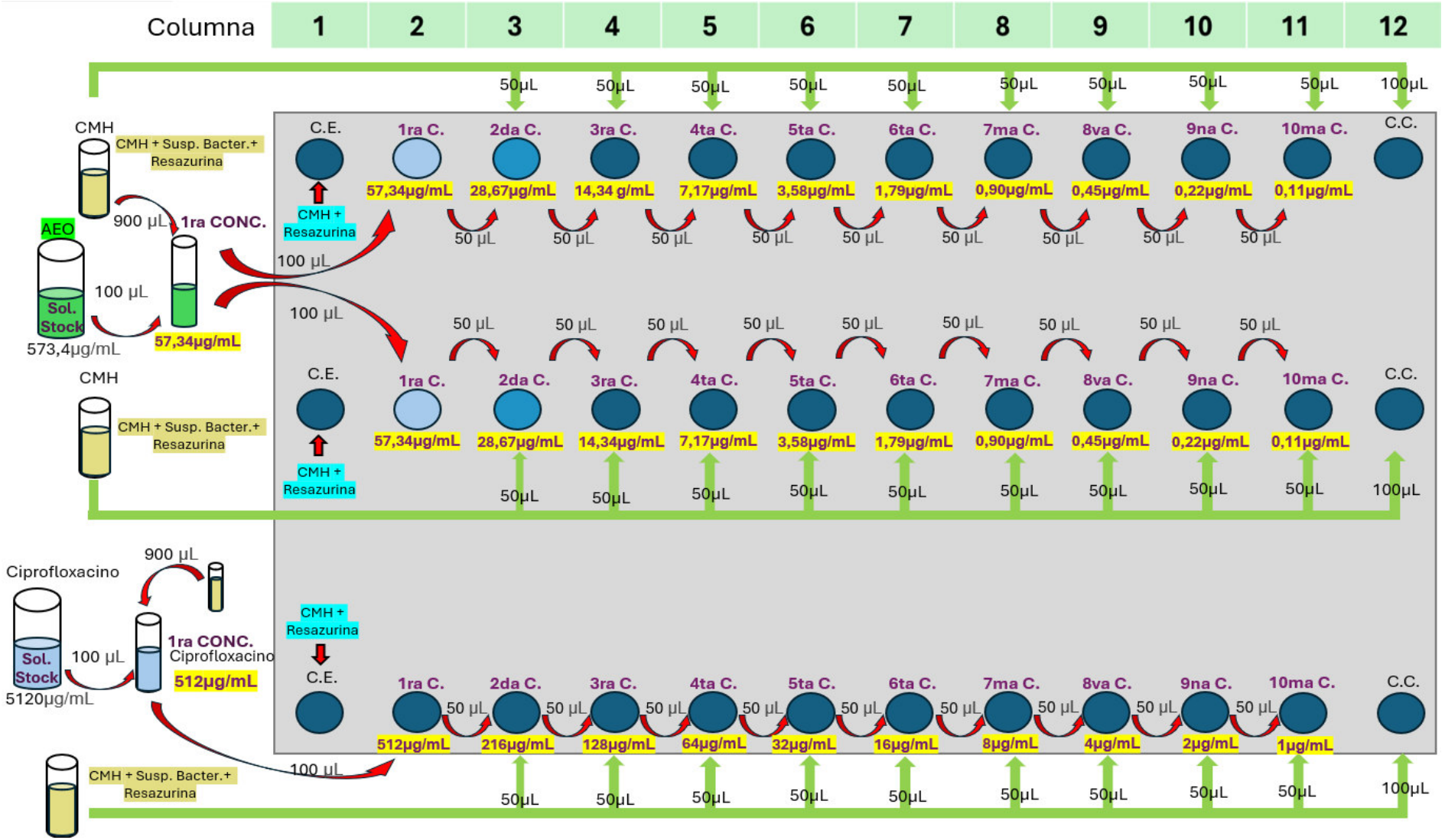


Figura 10. Microdilución colorimétrica en microplaca para AEO y ciprofloxacino

IV.5.2.4. Permeabilidad al vapor de agua [105]

La permeabilidad al vapor de agua se determinó de acuerdo con el método estándar E95-06 de la norma ASTM. Para tal método se procedió a tomar 3 tubos de ensayo por cada formulación de recubrimiento y se llenaron con $CaCl_2$ previamente desecado a 200°C, seguidamente se colocó cortes circulares de cada uno de los recubrimientos en la parte superior de los tubos; sellados con parafilm. Dicha batería de tubos se llevó a un desecador con solución saturada de cloruro de sodio, para proceder con la toma de pesos cada 24 horas durante 5 días. La transmisión de vapor de agua (WVT) y WVP se determinaron de acuerdo a las ecuaciones 7 y 8:

$$WVT\left(\frac{g}{h\ m^2}\right) = \frac{G/t}{A} \qquad (7)$$

$$WVP\left(\frac{g\ mm}{kPa\ h\ m^2}\right) = \frac{WVT}{\Delta P} \times e \qquad (8)$$

Donde:

G/t : pendiente de la línea recta
A : área de la película
ΔP : diferencia de presión de vapor (kPa) entre el NaCl y el $CaCl_2$
e : espesor de la película (mm)

IV.5.3. Preparación de las soluciones de recubrimiento

La preparación de las soluciones de recubrimiento se realizó según la metodología descrita por Zhu J et al. [73] con algunas modificaciones. Primero, se prepararon las soluciones de quitosano al 1,5 % y al 2,0 %. Para ello, se dispersaron las cantidades necesarias de quitosano en ácido acético al 0,75 %, dejando que las mezclas se homogeneizaran durante 48 horas a 600 rpm y a temperatura ambiente.

Posteriormente, se añadió la cantidad adecuada de glicerina a cada solución. A continuación, se incorporó la solución de vainillina al 5,0 % p/p de Ch a la

solución de quitosano al 1,5 %, mientras que a la solución de quitosano al 2,0 % se le agregó la solución de vainillina al 7,5 % p/p de Ch.

Así se obtuvieron la solución A (Ch 1,5 % + Vn 5,0 % p/p de Ch) y la solución B (Ch 2,0 % + Vn 7,5 % p/p de Ch). Luego, se añadió AEO con polisorbato 20, a cada una de las mezclas y se homogeneizaron durante 2 horas para obtener la solución C (Ch 1,5 % + Vn 5,0 % p/p de Ch + AEO) y la solución D (Ch 2,0 % + Vn 7,5 % p/p de Ch + AEO), como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Soluciones de recubrimiento

Grupo	Composición del recubrimiento
A	Ch 1,5 %+ Vn 5,0 % p/p
B	Ch 2,0 % + Vn 7,5 % p/p
C	Ch 1,5 % + Vn 5,0 % p/p + AEO
D	Ch 2,0% + Vn 7,5% p/p + AEO

IV.5.4. Aplicación del recubrimiento

El recubrimiento se aplicó por el método de inmersión [75], para ello, primero se seleccionó los frutos de acuerdo a los parámetros de calidad, es decir, sin deterioros físicos, buena textura, buen aspecto, color, tamaño y forma.

Luego, se procedió con el lavado y desinfección de la fruta, para eso, se utilizará agua destilada e hipoclorito de sodio a 50 ppm durante 10 minutos.

Posterior al lavado, a temperatura ambiente, se colocó las frutas en un recipiente y se dejó escurrir el agua del lavado durante 30 minutos hasta que estén completamente secas.

Después, se efectuó la inmersión, para este fin se colocó las diferentes soluciones de recubrimiento en recipientes de vidrio, para luego sumergir las muestras completamente en dicha solución durante 2 minutos.

Pasado el tiempo se retiraron las muestras con ayuda de unas pinzas y se procedió a dejar escurrir el excedente de solución con ayuda de una malla,

a temperatura ambiente, durante una hora hasta que estén completamente secas.

Finalmente, se separaron los tomates Cherry según el recubrimiento que tenían y se almacenaron por 15 días a temperatura de 2°C - 8°C.

IV.5.5. Análisis fisicoquímicos

Se formaron cinco grupos (Ver Tabla 6) a los cuales se le realizaron las evaluaciones fisicoquímicas los días 0, 3, 6, 9 y 12 y 15.

Tabla 6. Grupos para el análisis fisicoquímico

Grupo	Composición del recubrimiento
Blanco (B)	Sin recubierta
Control 1 (C1)	Solución A (Ch 1,5 %+ Vn 5,0 % p/p)
Control 2 (C2)	Solución B (Ch 2,0 % + Vn 7,5 % p/p)
Experimental 1 (E1)	Solución C (Ch 1,5 % + Vn 5,0 % p/p + AEO)
Experimental 2 (E2)	*Solución D* (Ch 2,0% + Vn 7,5% p/p + AEO)

IV.5.5.1. Porcentaje de pérdida de peso (%PP) [18]

Previo al almacenamiento todas las frutas fueron marcadas y pesadas con una balanza digital. La pérdida de peso de los tomates Cherry se expresó como la diferencia porcentual del día 0 y de los días 3, 6, 9, 12 y 15 de almacenamiento. Se calculó utilizando la ecuación 9 (18).

$$\text{Pérdida de peso} = \left(1 - \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}}\right) \times 100\% \qquad (9)$$

IV.5.5.2. Sólidos solubles totales (SST) [3]

Los sólidos solubles totales (°Bx) se determinaron con un refractómetro (modelo, 0–32° Bx, Westover). Previo a la medición se calibró con agua destilada. Las muestras de tomate se exprimieron y agregaron

directamente sobre el sensor del refractómetro de mano. Los resultados se reportaron como % de sólidos solubles totales.

IV.5.5.3. Acidez titulable (AT) [106]

Se tomaron muestras de 3 g de tomate Cherry de cada recubrimiento y se homogeneizó con 50 ml de agua durante 4 minutos posterior a ello se tomó una alícuota de 5 ml y se enraso a 50 ml. Seguidamente se tituló 15 ml de la dilución con NaOH 0.1 N por triplicado añadiendo tres gotas de fenolftaleína para su titulación como se muestra en la figura 11. La acidez titulable se obtuvo según la ecuación 10.

$$AT(\%) = \frac{V_{NaOH}(mL) \times N_{NaOH}(mEq/mL) \times mEq\ de\ ácido\ cítrico\ (0.064\ g/mEq)}{V_{jugo}\ (mL)} \times 100 \quad (10)$$

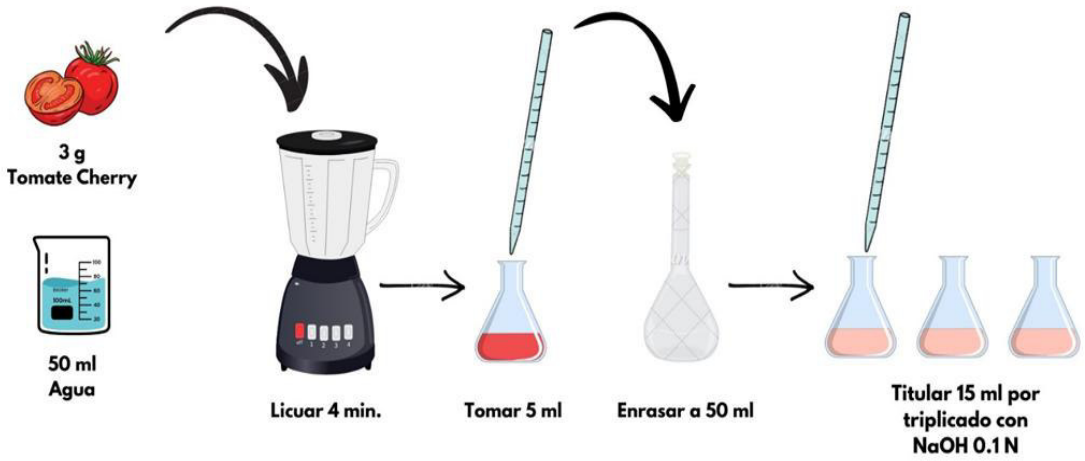


Figura 11. Esquema del método de acidez titulable.

IV.5.5.4. Índice de madurez (SST/AT) [107]

Se determinó el índice de madurez con la relación de °Brix y % Acidez. Se obtuvo según la ecuación 11.

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{Sólidos solubles totales}}{\%\ \text{de Acidez titulable}} \times 100 \quad (11)$$

IV.5.5.5. Determinación de pH (pH) [3]

Para determinar el pH de las muestras de tomate Cherry se utilizó un potenciómetro con un intervalo de medición de pH 0 a 14. La lectura se obtuvo colocando el electrodo en la solución de la muestra. Entre cada medición se lavó el electrodo con agua destilada.

IV.5.5.6. Contenido de licopeno [108]

El contenido de licopeno se determinará usando el método reportado por Nagata, con ligeras modificaciones con un espectrofotómetro Genesys 150 uv-vis® (Thermo, USA). Para ello se pesó 800 mg de muestra para luego triturarla. Luego se extrajo el licopeno añadiendo a la muestra 10 mL de acetato y hexano (4:6). Luego, se centrifugó las muestras para que se separen en dos fases. Finalmente, la fase superior se trasvasa a una cubeta para medir su absorbancia en el espectrofotómetro a longitudes de onda de 663 nm, 645 nm, 505 nm y 453 nm. Los resultados de la medición se usaron para determinar el contenido de licopeno según la ecuación de Nagata.

$$\text{Licopeno (mg/kg) peso fresco} = -0.0458\ A_{663} + 0.204\ A_{645} + 0.372\ A_{505} - 0.0806\ A_{453} \quad (12)$$

IV.5.6. Análisis microbiológicos

Se formaron 3 grupos (Ver Tabla 7) a los que se les realizó el análisis microbiológico en los días 0, 7 y 15 del estudio.

Tabla 7. Grupos para el análisis microbiológico

Grupo	Composición de la recubierta
B	Sin recubierta
E1	Solución C (Ch 1,5 % + Vn 5,0 % p/p + AEO)
E2	Solución D (Ch 2,0% + Vn 7,5% p/p + AEO)

IV.5.6.1. Preparación de las diluciones [104]

Se pesó 10 gramos de la muestra en una bolsa esteril en condiciones asépticas, luego se adiciono 90 mL de agua peptonada al 0,1% y se homogeneizó la muestra usando el homogeneizador Stomacher obteniéndose la dilución 10^{-1} la cual se trasvasó en un tubo. Luego se colocó 9 mL de agua peptonada 0,1% en 3 tubos de ensayo. A continuación se sacó 1 mL del tubo con dilución 10^{-1} y se trasvasó en otro tubo con 9 mL de agua peptonada, obteniéndose así la dilución 10^{-2}, después se sacó 1m L de la dilución 10^{-2} y se trasvasó a otro tubo con agua peptonada y se obtuvo la dilución 10^{-3} y así sucesivamente hasta obtener la dilución 10^{-4}.

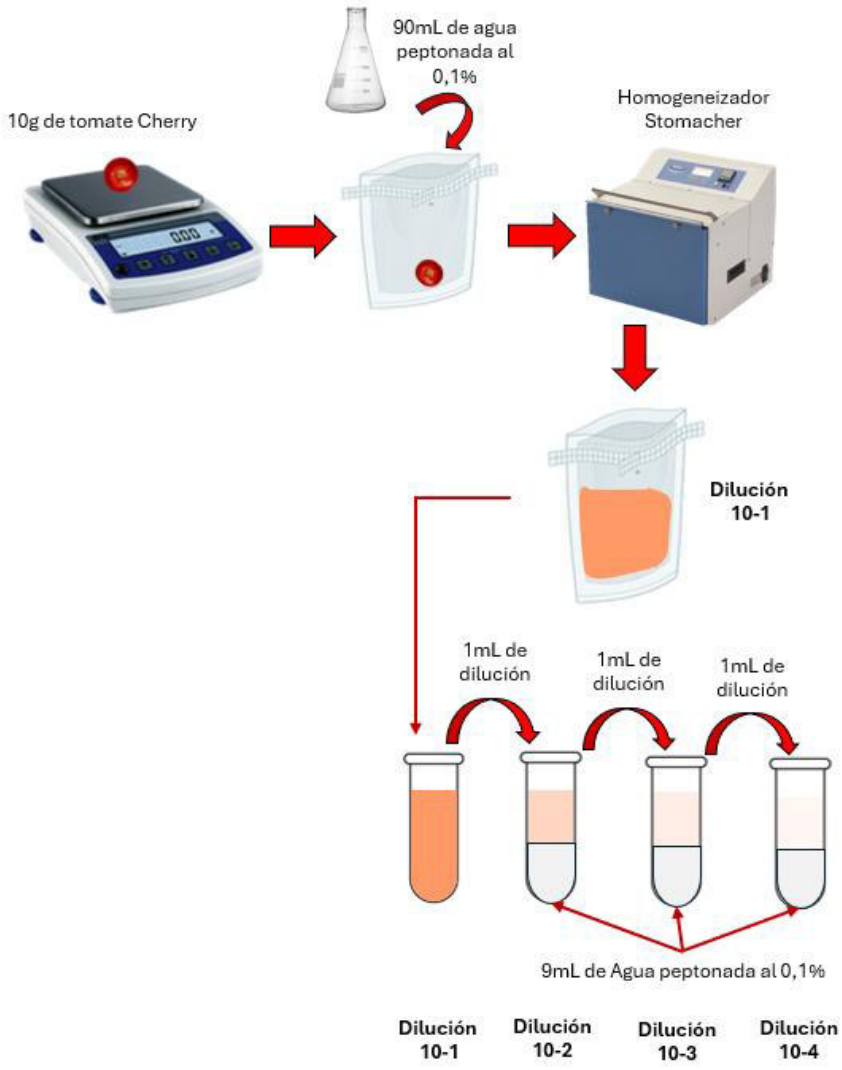


Figura 12. Procedimiento de preparación de las diluciones de la muestra

IV.5.6.2. Recuento de Aerobios Mesófilos (RAM) [109]

Posterior a la preparación de la muestra a diluciones 10^{-1} y 10^{-2}, se utilizó placas Petrifilm™ de la marca 3M para realizar el recuento de aerobios mesófilos, para ello, primero se colocó la placa Petrifilm en un lugar plano. Luego, se alzó la lámina translúcida que cubre la placa y, en forma ortogonal a la placa Petrifilm se colocó 1 mL de la dilución 10^{-1} en el centro de la placa con la pipeta. Después, se soltó la lámina traslúcida despacio para que caiga sobre la placa con la dilución. A continuación, se usó el lado rugoso dispersor para esparcir la muestra por el área circular de la placa y se esperó 5 minutos aproximadamente hasta que el gel se solidifique. Así mismo, se realizó el mismo procedimiento para la dilución 10^{-2}. Este proceso se realizó por duplicado. Finalmente, se incubaron todas las placas caras arriba en una incubadora durante 48 h (± 3 h) a 35 °C (± 1 °C). Para la lectura de los resultados se consideraron colonias rojas sin importar su tamaño o la intensidad del tono rojo.

IV.5.6.3. Recuento de Coliformes (RC) [110]

Luego de la preparación de la muestra a diluciones 10^{-1} y 10^{-2}, se utilizaron placas Petrifilm™ de la marca 3M para realizar el recuento de coliformes, para ello, primero se colocó la placa Petrifilm en un lugar plano. Luego, se alzó la lámina translúcida que cubre la placa y, en forma ortogonal a la placa Petrifilm se colocó 1 mL de la dilución 10^{-1} en el centro de la placa con la pipeta. Después, se soltó la lámina traslúcida despacio para que caiga sobre la placa con la dilución. A continuación, se usó el lado rugoso dispersor para esparcir la muestra por el área circular de la placa. Así mismo, se realizó el mismo procedimiento para la dilución 10^{-2}. Este proceso se realizó por duplicado. Finalmente, se incubaron todas las placas caras arriba en una incubadora durante 24 h (± 3 h) a 35 °C (± 1 °C). Para la lectura de los resultados se consideraron colonias rojas sin importar su tamaño o la intensidad del tono rojo.

IV.5.6.4. Recuentos de mohos y levaduras (RML) [111]

Luego de la preparación de la muestra a diluciones 10^{-1} y 10^{-2} , se utilizaron placas Petrifilm^{TM} de la marca 3M para realizar el recuento de coliformes, para ello, primero se colocó la placa Petrifilm en un lugar plano. Luego, se alzó la lámina translúcida que cubre la placa y, en forma ortogonal a la placa Petrifilm se colocó 1 mL de la dilución 10^{-1} en el centro de la placa con la pipeta. Después, se soltó la lámina traslúcida despacio para que caiga sobre la placa con la dilución. A continuación, se usó el lado rugoso dispersor para esparcir la muestra por el área circular de la placa. Así mismo, se realizó el mismo procedimiento para la dilución 10^{-2}. Este proceso se realizó por duplicado. Finalmente, se incubaron todas las placas caras arriba en una incubadora durante 21 °C y 25 °C durante 5 días. Para la lectura de los resultados se consideraron colonias de mohos a las colonias grandes, colonias con bordes difusos, de color verde azulado. En contraste, las colonias de levaduras son pequeñas, con bordes definidos, de color canela rosado a verde azulado uniformes y parecen elevadas.

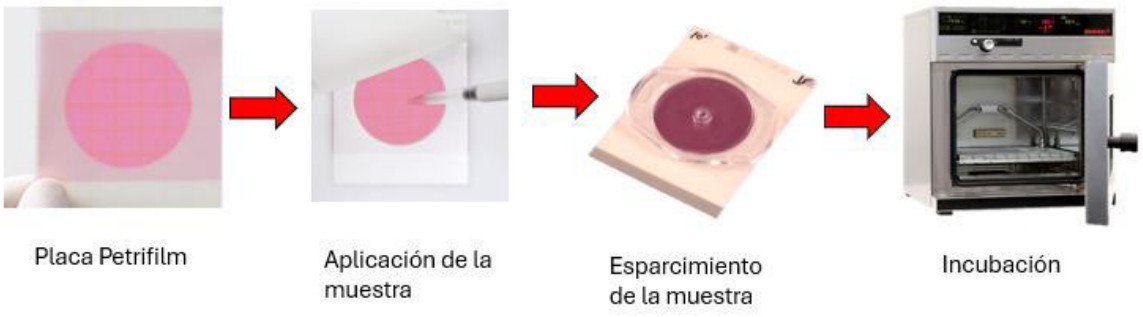


Figura 13. Procedimiento para el RA, RC y RMH

IV.5.7. Procesamiento y análisis de datos

Todos los datos obtenidos se analizaron y se procesaron por triplicado y los resultados se expresaron como el promedio ± la desviación estándar. Los datos fueron procesados mediante el software R con un nivel de confianza del 95% (IC95). Previo al análisis estadístico se probaron los supuestos de Anova para comprobar la normalidad de residuos y homocedasticidad de los datos. Las variables de acidez, sólidos solubles y pérdida de peso no cumplieron con la distribución normal de los datos ($p<0.05$), por lo que fueron analizadas mediante pruebas no paramétricas, caso contrario al de la variable índice de madurez cuyos valores cumplen con el supuesto de normalidad de residuos y homocedasticidad

IV.6. Análisis estadístico

Se empleó el lenguaje de programación R para el análisis estadístico descriptivo e inferencial. Se calculó la media, desviación y error estándar de cada grupo por día y se presentaron en tablas y gráficos. Se comprobaron los supuestos del Análisis de Varianza de una vía (ANOVA): ausencia de valores extremos, distribución normal de los residuales mediante la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene (anexo 6, 7 y 8). Se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para los datos que no cumplieron los supuestos de ANOVA. Posteriormente, se empleó la prueba de Tukey o la prueba de Dunn para los casos significativos de ANOVA o Kruskal-Wallis, respectivamente.

V. RESULTADOS

V.1.Determinación taxonómica

El Museo Nacional de Historia (MNH) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) clasificó esta especie vegetal de acuerdo con el Sistema de Clasificación APG IV (2016) , el cual es un sistema moderno de clasificación de las angiospermas publicado por Angiosperm Phylogeny Group (APG).

Tabla 8. Clasificación taxonómica (Sistema de clasificación APG IV - 2016)

Categoría	Nombre
Orden	Solanales Juss. ex Bercht. & J. Pres
Familia	Solanaceae Juss.
Género	*Solanum* L
Especie	*Solanum lycopersicum* L.
Variedad	*Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (Alef.)

V.2.Obtención del aceite esencial de orégano

El aceite esencial de orégano obtenido a partir de 23,7 kg de orégano fue de 110 ml, con un rendimiento de 0,46%.

Tabla 9. Rendimiento del AEO

Peso de las hojas de orégano	Volumen de aceite esencial	Rendimiento de AEO
23,7 kg	110 mL	0,46%

V.3.Pruebas preliminares

V.3.1. Caracterización química del AEO

Se observaron que los componentes con mayor porcentaje fueron los terpenos gamma terpineno (27,05 %), terpinen-4-ol (16,2 %), 2- careno (10,38 %) (Anexo 3).

Tabla 10. Componentes principales del AEO

Nombre	Tiempo de retención	Área (%)
Gamma-Terpineno	20,674	27,05
Terpinen-4-ol	39,517	16,20
2-Careno	14,509	10,38
Trans-beta-Ocimeno	17,746	3,65
Biciclo[3.1.0]hexano, 4-metilen-1-(1-metiletil)-	10,355	3,58
Timol	48,336	3,50
1-metil-5-(1-metiletenil)-(R)-ciclo hexeno	15,769	3,31
o-Cimeno	15,350	3,18
Linalol	29,299	3,13
1-metil-4-(1-metiletiliden)-ciclo hexeno	25,357	2,99
2-metil-5-isopropilfenol (carvacrol)	48,707	0,14
Otros	-	23,03

V.3.2. Densidad del AEO

Tabla 11. Densidad relativa del AEO

Densidad relativa 1	Densidad relativa 2	Densidad relativa 3	Promedio ± DS
0,8630	0,8631	0,8629	0,8630 ± 0,0001

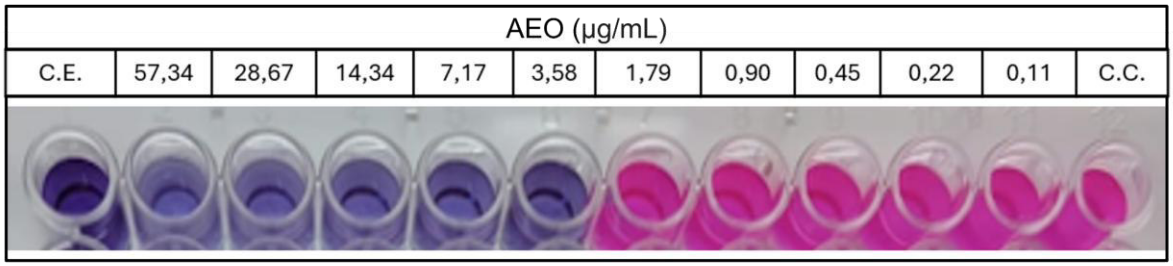
V.3.3. Cálculo de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del AEO

La Tabla 12 muestra la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del AEO y del ciprofloxacino frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Se observa que el AEO requirió concentraciones más altas para inhibir el crecimiento de

ambas bacterias (3,58 µg/mL y 1,79 µg/mL, respectivamente) en comparación con el ciprofloxacino (1,00 µg/mL).

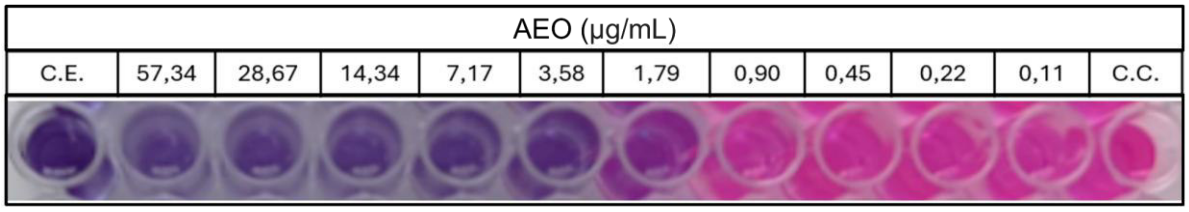
Tabla 12. CMI del AEO y ciprofloxacino AEO en µg/mL

Concentración Mínima Inhibitoria (µg/mL)		
Microorganismo	**AEO**	**Ciprofloxacino**
Staphylococcus aureus	3,58 ± 0	1,00 ± 0
Escherichia coli	1,79 ± 0	1,00 ± 0



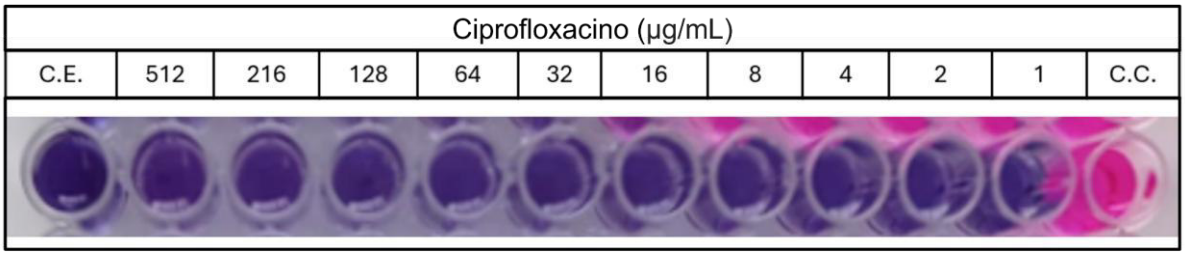
C.E. : Control de esterilidad
C.C. : Control de crecimiento

Figura 14. Determinación del CMI de AEO contra *S. aureus.*



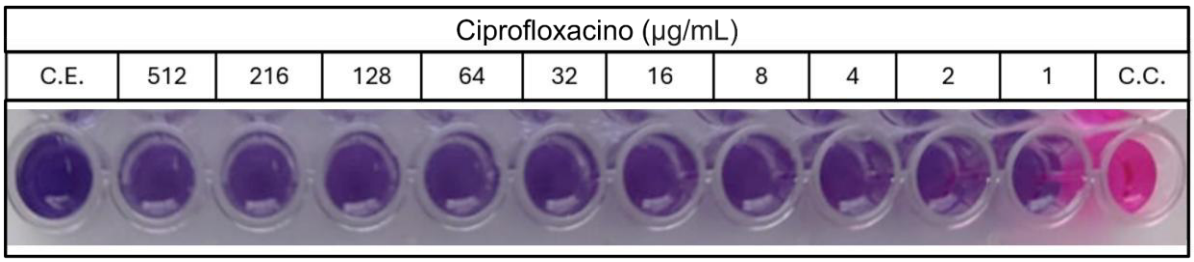
C.E. : Control de esterilidad
C.C. : Control de crecimiento

Figura 15. Determinación de CMI de AEO contra *E. coli*.



C.E. : Control de esterilidad
C.C. : Control de crecimiento

Figura 16. Determinación de la CMI de Ciprofloxacino contra *S. aureus.*



C.E. : Control de esterilidad
C.C. : Control de crecimiento

Figura 17. Determinación de la CMI de Ciprofloxacino contra *E. coli*.

V.3.4. Permeabilidad al vapor de agua

La Tabla 13 muestra la Permeabilidad al vapor de agua de los recubrimientos C1, C2, E1 Y E2. Se observa que los valores obtenidos por triplicado son similares siendo C2 con la mayor permeabilidad obtenida.

Tabla 13. Comparación de la permeabilidad al vapor de agua

C1 N = 3[a]	**C2** N = 3[a]	**E1** N = 3[a]	**E2** N = 3[a]	**p-valor**[b]
23,9 ± 1,05	25,0 ± 1,92	23,8 ± 1,06	23,4 ± 1,24	0.1

[a] Media ± SD; [b] Suma de Rangos de Kruskal-Wallis.

V.4.Análisis fisicoquímicos

V.4.1. Porcentaje de pérdida de peso (%PP)

La Tabla 14 muestra el porcentaje de pérdida de peso (%PP) obtenido desde el día 3 al 15 para los tomates recubiertos. Se observa que todos los tomates recubiertos con C1, C2, E1 y E2 lograron reducir el porcentaje de pérdida de peso en comparación con el grupo sin recubrir.

Tabla 14. Comparación de la (%PP) entre grupos en diferentes días

Grupo / Día	Blanco N = 5[a]	C1 N = 5[a]	C2 N = 5[a]	E1 N = 5[a]	E2 N = 5[a]	p-valor[b]
3	6,14 ± 1,37 [c]	4,11 ± 1,76 [cd]	3,33 ± 1,11 [d]	3,98 ± 1,13 [cd]	3,66 ± 1,13 [cd]	0,026
6	9,44 ± 1,92 [c]	6,04 ± 2,39 [cd]	5,27 ± 1,78 [d]	6,23 ± 1,62 [cd]	5,30 ± 1,60 [d]	0,013
9	13,4 ± 2,9 [c]	8,9 ± 3,6 [cd]	7,8 ± 2,6 [d]	9,2 ± 2,4 [cd]	8,0 ± 2,4 [cd]	0,034
12	17,6 ± 4,0 [c]	11,5 ± 4,6 [cd]	10,3 ± 3,4 [d]	12,2 ± 3,2 [ab]	10,6 ± 3,1 [cd]	0,034
15	22,1 ± 4,9 [c]	14,0 ± 5,7 [cd]	13,0 ± 4,2 [d]	15,2 ± 3,9 [cd]	13,4 ± 3,8 [d]	0,029

[a] Media ± SD; [b] ANOVA de una vía. [c, d] Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos por la prueba post-hoc de Tukey.

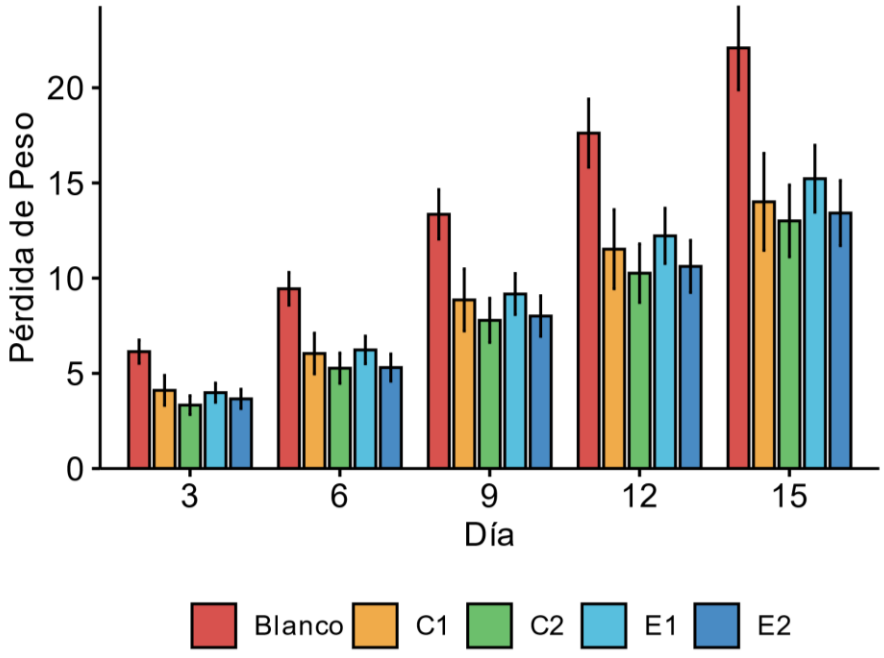


Figura 18. Porcentaje de Pérdida de Peso por grupo y día.

V.4.2. Sólidos solubles totales (SST)

En la Tabla 15 muestra los valores de Sólidos solubles totales (SST) de los tomates Cherry recubiertos. Se observa que los valores para los tomates recubiertos con C1, C2, E1 y E2 se han mantenido constante en la mayor

parte del tiempo observado, con un aumento en el día 15 de en el grupo blanco.

Tabla 15. Comparación SST entre grupos en diferentes días

Grupo / Día	**Blanco** N = 3[a]	**C1** N = 3[a]	**C2** N = 3[a]	**E1** N = 3[a]	**E2** N = 3[a]	**p-valor**[b]
0	3,87 ± 0,06 [c]	5,93 ± 0,06 [d]	5,83 ± 0,06 [d]	5,97 ± 0,06 [d]	5,90 ± 0,10 [d]	<0,001
3	7,07 ± 0,06 [c]	6,23 ± 0,15 [d]	6,23 ± 0,12 [d]	6,07 ± 0,06 [d]	6,80 ± 0,00 [e]	<0,001
6	7,10 ± 0,10 [c]	6,70 ± 0,10 [cd]	6,60 ± 0,10 [d]	6,87 ± 0,12 [cd]	6,90 ± 0,10 [cd]	0,021
9	7,07 ± 0,12 [c]	7,10 ± 0,17 [c]	7,53 ± 0,21 [d]	7,00 ± 0,17 [c]	7,40 ± 0,10 [cd]	0,008
12	7,63 ± 0,06[cd]	7,70 ± 0,10[cd]	6,93 ± 0,12 [e]	8,00 ± 0,10 [c]	7,43 ± 0,40 [de]	<0,001
15	9,50 ± 0,44 [c]	7,97 ± 0,15 [d]	7,23 ± 0,21 [e]	8,30 ± 0,17 [d]	7,13 ± 0,15 [e]	<0,001

[a] Media ± SD; [b] ANOVA de una vía; [2] Suma de Rangos de Kruskal-Wallis. [c, d, e] Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos por la prueba post-hoc de Tukey o Dunn.

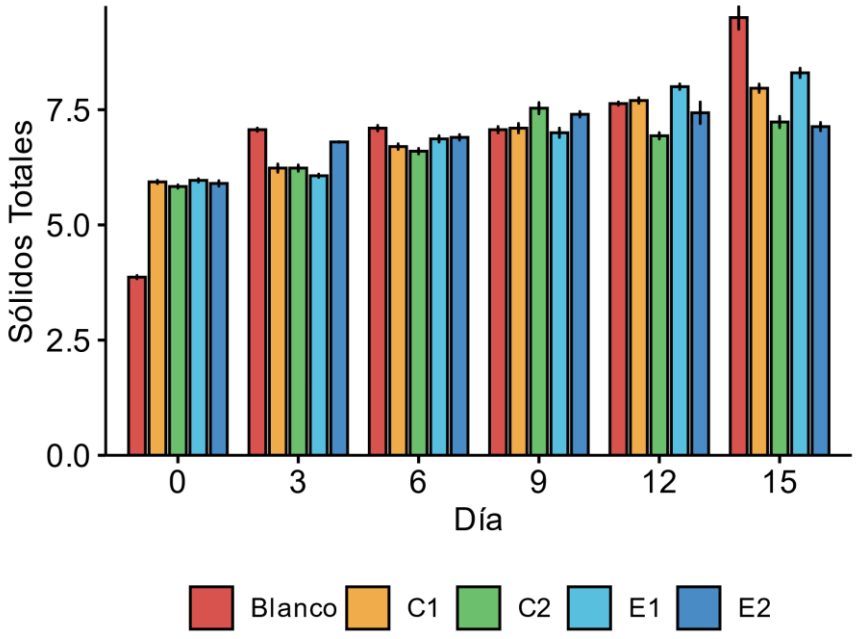


Figura 19. Sólidos Solubles Totales por grupo y día.

V.4.3. Acidez titulable (AT)

En la Tabla 16 se observa los valores obtenidos de acidez titulable donde no se observa un aumento de la acidez titulable durante el tiempo de observación.

Tabla 16. Comparación de la AT entre grupos en diferentes días

Grupo / Día	Blanco N = 3[a]	C1 N = 3[a]	C2 N = 3[a]	E1 N = 3[a]	E2 N = 3[a]	p-valor[b]
0	0,76 ± 0,00 [cd]	1,14 ± 0,00 [c]	0,76 ± 0,00 [cd]	0,76 ± 0,00 [d]	0,89 ± 0,22 [cd]	0,028
3	0,89 ± 0,22	0,89 ± 0,22	0,76 ± 0,00	0,76 ± 0,00	0,89 ± 0,22	0,6
6	0,89 ± 0,22	0,89 ± 0,22	0,76 ± 0,00	0,89 ± 0,22	0,89 ± 0,22	0,6
9	0,76 ± 0,00	0,89 ± 0,22	0,89 ± 0,22	0,76 ± 0,00	0,89 ± 0,22	0,7
12	0,76 ± 0,00	0,89 ± 0,22	0,76 ± 0,00	0,76 ± 0,00	0,89 ± 0,22	0,9
15	0,76 ± 0,00	0,76 ± 0,00	0,76 ± 0,00	0,76 ± 0,00	0,76 ± 0,00	0,4

[a] Media ± SD; [b] Suma de Rangos de Kruskal-Wallis. [c, d] Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos por la prueba post-hoc de Dunn.

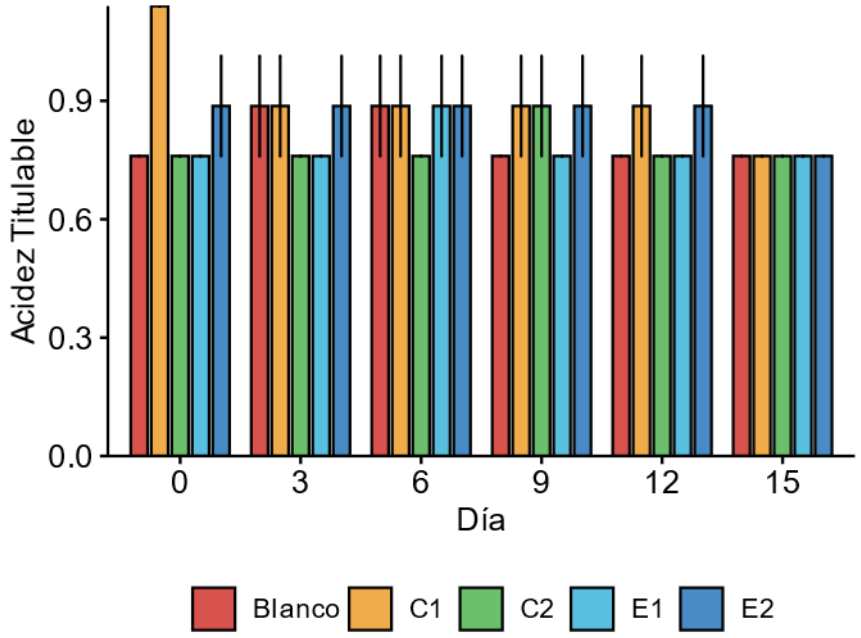


Figura 20. Acidez Titulable por grupo y día.

V.4.4. Índice de madurez (SST/AT)

En la Tabla 17 se muestran los valores de índice de madurez obtenidos para cada recubrimiento. Se observa una diferencia en el dia 15 entre los valores del grupo blanco y los grupos recubiertos (C2 y E2).

Tabla 17. Comparación del SST/AT entre grupos en diferentes días

Grupo / Día	Blanco N = 3[a]	C1 N = 3[a]	C2 N = 3[a]	E1 N = 3[a]	E2 N = 3[a]	p-valor[s]
0	5,09 ± 0,08 [c]	5,20 ± 0,05 [cd]	7,67 ± 0,08 [cd]	7,85 ± 0,08 [d]	6,88 ± 1,41 [cd]	0,012
3	8,27 ± 1,85	7,31 ± 1,70	8,20 ± 0,15	7,98 ± 0,08	7,95 ± 1,72	0,7
6	8,32 ± 1,89	7,85 ± 1,79	8,68 ± 0,13	8,04 ± 1,80	8,05 ± 1,66	0,7
9	9,30 ± 0,15	8,29 ± 1,72	8,78 ± 1,77	9,21 ± 0,23	8,65 ± 1,88	0,7
12	10,04 ± 0,08	9,02 ± 2,04	9,12 ± 0,15	10,52 ± 0,13	8,76 ± 2,27	0,08
15	12,50 ± 0,57 [c]	10,48 ± 0,20 [d]	9,52 ± 0,27 [e]	10,92 ± 0,23 [d]	9,38 ± 0,20 [e]	<0,001

[a] Media ± SD; [b] ANOVA de una vía; [s] Suma de Rangos de Kruskal-Wallis. [c, d, e] Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos por la prueba Post-Hoc de Tukey o Dunn.

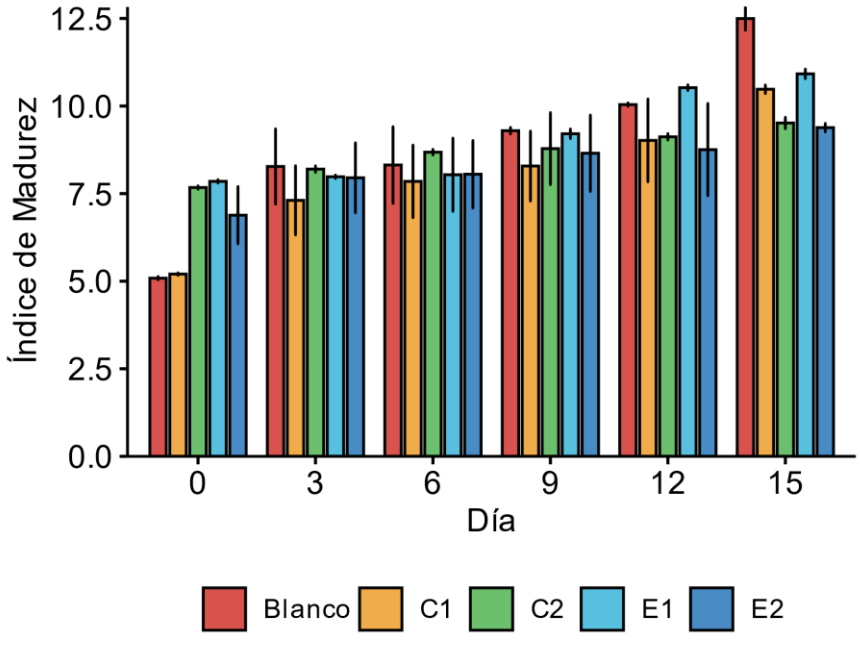


Figura 21. Índice de madurez por grupo y día.

V.4.5. Determinación de pH (pH)

La Tabla 18 muestra los valores de pH de los tomates Cherry recubiertos con C1, C2, E1 y E2. Se observa una mínima variación entre el grupo blanco y los recubiertos.

Tabla 18. Comparación del pH entre grupos en diferentes días

Grupo / Día	Blanco N = 3[a]	C1 N = 3[a]	C2 N = 3[a]	E1 N = 3[a]	E2 N = 3[a]	p-valor[s]
0	4,35 ± 0,01 [c]	4,78 ± 0,01 [d]	4,76 ± 0,01 [de]	4,73 ± 0,02 [e]	4,84 ± 0,02 [f]	<0,001
3	4,62 ± 0,03 [cd]	4,67 ± 0,02 [cd]	4,62 ± 0,01 [cd]	4,84 ± 0,01 [c]	4,58 ± 0,01 [d]	0,012
6	4,73 ± 0,00 [cd]	4,75 ± 0,01 [cd]	4,73 ± 0,01 [cd]	4,72 ± 0,07 [c]	4,87 ± 0,01 [d]	0,041
9	4,73 ± 0,02 [c]	4,78 ± 0,07 [c]	4,88 ± 0,01 [d]	4,73 ± 0,02 [c]	4,82 ± 0,02 [cd]	0,002
12	4,73 ± 0,00 [c]	4,53 ± 0,03 [d]	4,78 ± 0,02 [cd]	4,78 ± 0,01 [e]	4,91 ± 0,02 [f]	<0,001
15	4,73 ± 0,01 [c]	4,95 ± 0,04 [d]	4,73 ± 0,01 [c]	4,78 ± 0,03 [c]	4,65 ± 0,02 [e]	<0,001

[a] Media ± SD; [b] ANOVA de una vía; [s] Suma de Rangos de Kruskal-Wallis. [c, d, e, f] Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos por la prueba post-hoc de Tukey o Dunn.

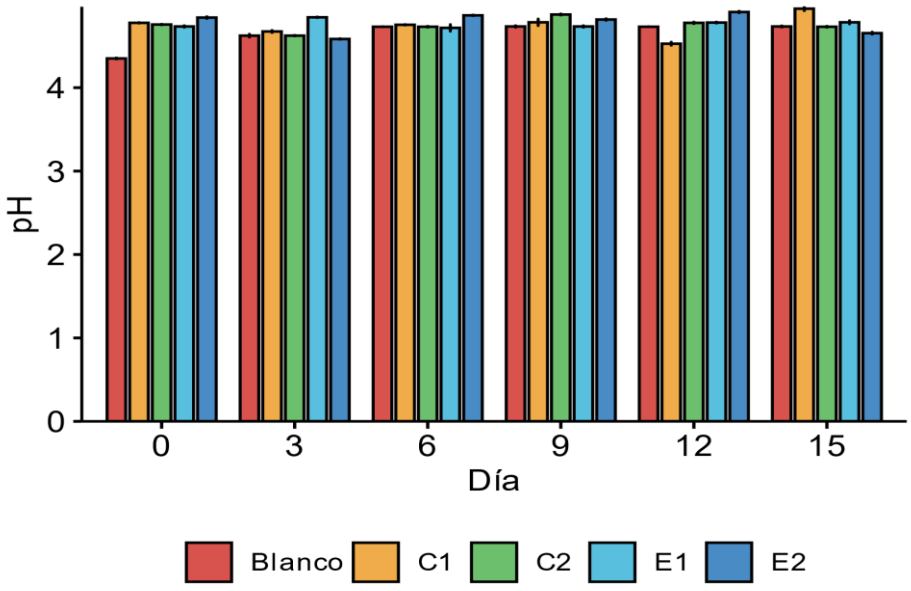


Figura 22. pH por grupo y día.

V.4.6. Contenido de licopeno (Ly)

En la Tabla 19 y Figura 23 se muestra el contenido de licopeno en el grupo blanco, los grupos control y los grupos experimentales en los días 1, 7 y 15. En todos los conjuntos analizados se evidenció un incremento gradual del contenido de licopeno con el transcurso del tiempo, registrándose la mayor concentración en el día 15 para cada caso.

Tabla 19. Comparación del contenido de Ly entre grupos en diferentes días

Grupo / Día	**Blanco** N = 3[a]	**C1** N = 3[a]	**C2** N = 3[a]	**E1** N = 3[a]	**E2** N = 3[a]	**p-valor**[b]
0	18,08 ± 0,06 [c]	16,81 ± 0,12 [d]	17,33 ± 0,08 [e]	16,48 ± 0,22 [d]	17,54 ± 0,30 [e]	<0,001
3	18,80 ± 0,09 [c]	17,32 ± 0,34 [d]	18,16 ± 0,27 [d]	17,16 ± 0,24 [d]	17,82 ± 0,11 [d]	<0,001
6	20,09 ± 0,32 [c]	18,27 ± 0,25 [d]	18,64 ± 0,11 [e]	17,94 ± 0,16 [e]	18,51 ± 0,15 [e]	<0,001
9	21,32 ± 0,28 [c]	18,81 ± 0,14 [de]	19,10 ± 0,12 [f]	18,71 ± 0,08 [d]	19,02 ± 0,09 [ed]	<0,001
12	23,03 ± 0,10 [c]	19,31 ± 0,06 [de]	19,50 ± 0,08 [d]	19,40 ± 0,09 [e]	19,52 ± 0,12 [de]	<0,001
15	25,98 ± 0,58 [a]	21,31 ± 0,06 [b]	20,16 ± 0,23 [b]	20,04 ± 0,10 [b]	20,06 ± 0,13 [b]	<0,001

[a] Media ± SD; [b] ANOVA de una vía; [c, d, e, f] Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos por la prueba post-hoc de Tukey.

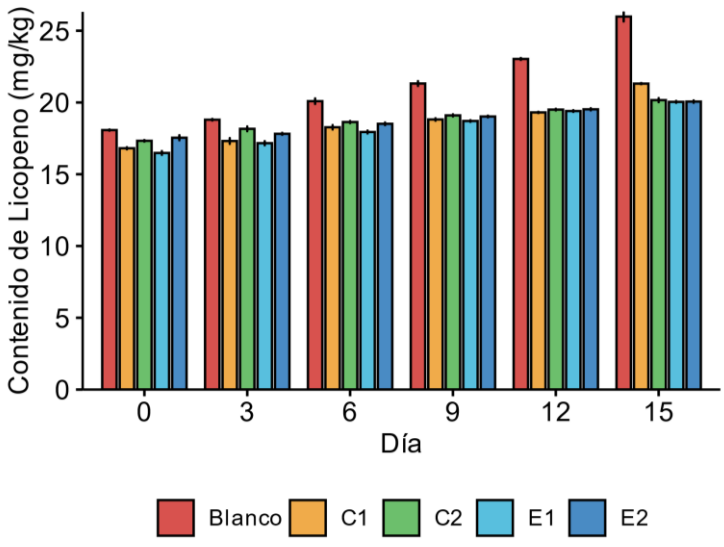


Figura 23. Contenido de licopeno por grupo y día.

V.5.Análisis microbiológicos

V.5.1. Recuento de Aerobios Mesófilos (RAM)

En la Tabla 20 se muestran los resultados del recuento de aerobios mesófilos en el grupo blanco y en los grupos experimentales E1 y E2 en los días 1, 7 y 15. En todas las mediciones realizadas, el recuento fue inferior a 10 UFC/g.

Tabla 20. Recuento de aerobios mesófilos por grupo y día en UFC/g

Grupo / Día	**Blanco** N = 2	**E1** N = 2	**E2** N = 2
0	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]
7	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]
15	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]

[a] Recuento por debajo del límite de detección.

V.5.2. Recuento de Coliformes (RC)

En la Tabla 21 se muestran los resultados del recuento de coliformes en el grupo blanco y en los grupos experimentales E1 y E2 en los días 1, 7 y 15. En todas las mediciones realizadas, el recuento fue inferior a 10 UFC/g.

Tabla 21. Recuento de coliformes por grupo y día en UFC/g

Grupo / Día	**Blanco** N = 2	**E1** N = 2	**E2** N = 2
0	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]
3	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]
15	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]	< 10 UFC/g [a]

[a] Recuento por debajo del límite de detección.

V.5.3. Recuentos de mohos y levaduras (RML)

En la Tabla 22 se muestra el recuento de mohos y levaduras en el grupo blanco y en los grupos experimentales E1 y E2 en los días 1, 7 y 15.

Tabla 22. Recuento de mohos y levaduras por grupo y día en LogUFC/g

Grupo / Día	Blanco N = 2[a]	E1 N = 2[a]	E2 N = 2[a]	p-valor[b]
Mohos				
0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	-
7	2,2 ± 0,2	0 ± 0	0 ± 0	0,090
15	3,6 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,090
Levaduras				
0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	-
7	2,5 ± 0,1	2,2 ± 0,1	1,6 ± 0,4	0,102
15	3,3 ± 0	3 ± 0,1	2,6 ± 0	0,102

[a] Media ± SD; [b] Suma de Rangos de Kruskal-Wallis.

Los grupos experimentales E1 y E2 no presentaron crecimiento de moho en ninguno de los tiempos evaluados, mientras que en el grupo blanco se observó un incremento a lo largo del tiempo. No obstante, la diferencia entre los grupos no fue significativa (p > 0,05, Prueba de Kruskal-Wallis). (Tabla 21, Figura 24)

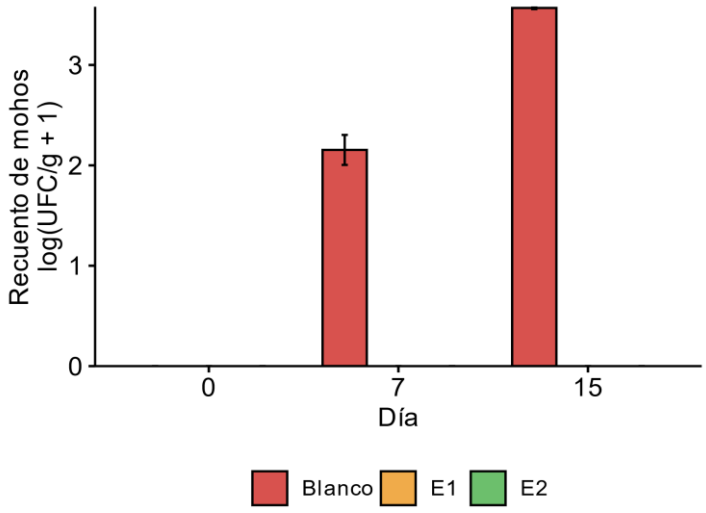


Figura 24. Recuento de mohos log(UFC/g + 1) por grupo y día.

En cuanto al crecimiento de levaduras, los grupos experimentales mostraron valores menores en comparación con el grupo blanco. Se destaca que el grupo E2 presentó el menor crecimiento al final del ensayo; sin embargo, esta diferencia tampoco fue significativa ($p > 0,05$, Prueba de Kruskal-Wallis). (Tabla 22, Figura 25).

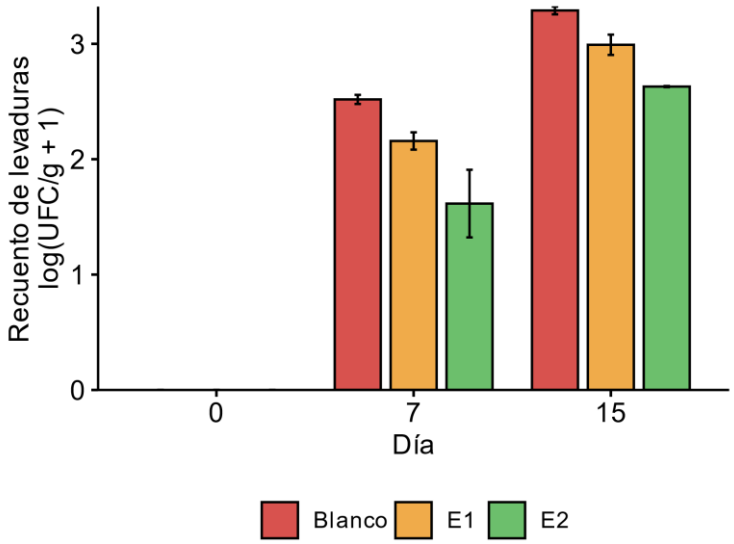


Figura 25. Recuento de levaduras log(UFC/g + 1) por grupo y día.

VI. DISCUSIÓN

En este estudio, se evaluó el efecto de un recubrimiento elaborado a partir de una matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano (AEO) sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del tomate cherry.

En cuanto a la caracterización del aceite esencial de orégano (AEO), Simirgiotis et al. [112] reportaron un total de 50 compuestos, pertenecientes principalmente a las clases de monoterpenos oxigenados, monoterpenos fenólicos e hidrocarburos monoterpénicos. Dentro de los hidrocarburos monoterpénicos, los compuestos más abundantes fueron δ-terpineno (10,6 %), *p*-cimeno (8,6 %) y sabineno (6,5 %). En el grupo de monoterpenos oxigenados destacaron el hidrato de *Z*-sabineno (13,4 %), el acetato de linalilo (7,2 %) y el éter metílico de carvacrol (5,6 %). Por su parte, en el grupo de los monoterpenos fenólicos se identificaron timol (15,9 %) —el compuesto más abundante— y carvacrol (3,1 %). De manera similar, Yilar et al. [113] identificaron 17 componentes en el AEO, también pertenecientes en su mayoría a las mismas clases estructurales. En este caso, se observó una alta proporción de timol (50,41 %), seguido de carvacrol (12,96 %), 2-borneno (11,28 %), ζ-terpineno (8,80 %) y *o*-cimeno (6,68 %). En comparación, en nuestro estudio se identificaron 53 compuestos mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EMS), siendo los principales el γ-terpineno (27,05 %), terpinen-4-ol (16,20 %) y 2-carene (10,38 %), seguidos por trans-β-ocimeno (3,65 %), biciclo[3.1.0]hexano-4-metilen-1-(1-metiletil)- (3,58 %), timol (3,50 %) y una baja concentración de carvacrol (0,14 %). Al igual que en los estudios anteriores, la mayoría de los compuestos identificados pertenecen a las tres clases estructurales mencionadas, aunque en proporciones diferentes.

Es importante destacar la relevancia de los compuestos mayoritarios hallados en nuestro AEO. El γ-terpineno, terpinen-4-ol y 2-carene, ya que, pertenecen a la misma familia estructural que el carvacrol y el timol. En el caso del γ-terpineno es un precursor biosintético directo del timol y el carvacrol, porque al oxidarse enzimáticamente a p-cimeno, el cual sufre posterior hidroxilación y reordenamiento para formar estos dos monoterpenos fenólicos, muy

reconocidos por su potencia antimicrobiana [114, 115]. Por lo tanto, la baja concentración de timol y carvacrol observada en el estudio, unido con el alto contenido de γ-terpineno, sugiere una conversión parcial de este precursor, posiblemente influenciada por factores como la especie de orégano, la ubicación geográfica, el clima, la técnica de extracción, entre otros. En el caso del terpinen-4-ol y el 2-carene, aunque no son precursores directos, forman parte de la misma ruta biosintética general a partir del compuesto geranil pirofosfato (GPP). Estos tres principales componentes tienen propiedades importantes, por ejemplo, el γ-terpineno ha sido reportado como un compuesto con alta actividad antioxidante y antimicrobiana [116], el terpinen-4-ol presenta efectos antimicrobianos, antiinflamatorios e inmunomoduladores [117], mientras que el 2-carene ha mostrado efectos antiinflamatorios, analgésicos y antimicrobianos [118]. De hecho, la mayoría de los monoterpenos identificados en este y otros estudios poseen reconocidas propiedades antimicrobianas, y varios de ellos también exhiben actividad antioxidante y antiinflamatoria, lo cual puede contribuir de manera sinérgica a la conservación del tomate Cherry y a la inhibición del crecimiento microbiano. La presencia de estos compuestos podría explicar, en parte, la eficacia del recubrimiento en la inhibición del crecimiento de hongos y levaduras en los tomates tratados.

En cuanto al rendimiento obtenido en la extracción de aceite de orégano según Flores, et al., el rendimiento de la extracción de aceite de orégano empleando el método de arrastre por vapor resulta 2,5% indicando que dicho rendimiento depende del grado de humedad del suelo de cultivo, el exceso de tallos de la muestra y el método de extracción [119]. Por tal motivo los factores de grado de humedad del medio y el exceso de tallos no controlados en la extracción justifican el bajo rendimiento obtenido en el presente estudio (0,46%).

Respecto a la concentración mínima inhibitoria (CMI), los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que el aceite esencial de orégano presenta una notable actividad antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 *y Escherichia coli* ATCC 8739, con valores de CMI de 3,58 µg/mL y 1,79 µg/mL, respectivamente. Comparativamente, en el estudio de Özkalp y

colaboradores [120] se reportaron valores de CMI de 64 µg/mL para *Staphylococcus aureus* y 250 µg/mL para *Escherichia coli.* Por otra parte, en el estudio de Jnaid, Yacoub y Al-Biski [121] se reportaron CMI de 3,125 µL/mL para *S. aureus* y 25 µL/mL para *E. coli*. Estas discrepancias podrían atribuirse a factores como la composición química del aceite, ya que, en el estudio de Jnaid, Yacoub y Al-Bisk se encontró un menor porcentaje de Gamma-Terpineno (10,57 %) que en nuestro estudio (27,05 %). Asimismo, también se podían deber a la resistencia intrínseca de las cepas bacterianas usadas, debido a que en el estudio de Ozkalp se usó *S. aureus* RSKK 96090 y *E. coli* RSKK 340; y en el estudio de Jnaid, Yacoub y Al-Biski se utilizó *S. aureus* ATCC 2392 y *E. coli* ATCC 25922, entre otros factores también podrían deberse a procedencia geográfica y el método de extracción del aceite, así como a diferencias en la metodología experimental [114].

En relación con las características fisicoquímicas para las formulaciones de biopelículas C1, C2, E1 Y E2 se calculó la transmisión de vapor de agua (WVT) y la permeabilidad al vapor de agua (WVP) donde no se obtuvieron diferencias significativas de la WVP entre los recubrimientos de quitosano-vainillina (A y B) y quitosano-vainillina + AEO (C y D), ($p = 0.1$) (Tabla 1). A diferencia del estudio de Han li donde sus resultados obtenidos en permeabilidad de vapor de agua en otras películas de polisacáridos incorporadas con polifenoles muestran que la permeabilidad de vapor de agua disminuye en función de la concentración del agente de reticulación [122]. Por lo que para el estudio podríamos indicar que las diferentes concentraciones de quitosano, vainillina y AEO no afectan de manera considerable el paso de vapor de agua. En el mismo estudio Jiyang Long y Manaswini Barik menciona que la permeabilidad al vapor de agua es una propiedad empleada en la evaluación de la conservación de frutas, ya que influye en el control de la humedad y, en consecuencia, en la actividad microbiológica y calidad sensorial del producto [123, 124]. Asimismo, es importante mencionar que no existe un valor de permeabilidad al vapor de agua adecuado, ya que este puede variar dependiendo del tipo de alimento, su fase de conservación, y las condiciones ambientales. Sin embargo, los estudios revisados por Jiyang Long especifican que un menor WVP es generalmente deseable para mejorar

la calidad y vida útil de los productos alimenticios. En dicho estudio consideraron un valor de referencia de 2,15 × 10 − 12 g.cm^{-1}·s^{-1}.Pa^{-1}, el cual es ligeramente menor al de este estudio, 25,0 y 23,4, para C2 y E2, respectivamente [123].

En relación con el porcentaje de pérdida de peso, se evidenció que los recubrimientos C1 (8,9%) y C2 (7,8%) (solo quitosano y vainillina) y E1 (9,2%) y E2 (8%) (quitosano-vainillina enriquecidos con aceite esencial de orégano), fueron efectivos para reducir su porcentaje en comparación con el grupo control sin recubrimiento desde el día 3 al día 15. Este efecto es más evidente desde el día 3, donde los grupos C2 (5,27%), E1 (9,2%) y E2 (8,0%) presentaron valores significativamente menores ($p < 0,05$) en comparación con el grupo blanco. Este resultado coincide con otros estudios en los que se empleó el quitosano para mantener la calidad del tomate y se evidenció una disminución de la pérdida de peso. En el estudio de Said A. Shehata [125] observó que después de 7 + 2 días de almacenamiento y vida útil hasta el final del almacenamiento, el porcentaje de pérdida de peso de la fruta de tomate tratada con quitosano fue 3,84% menor ($p < 0,05$) que la fruta no tratada. El valor más bajo de pérdida de peso se observó en el tratamiento con quitosano en comparación con todos los demás tratamientos 14% [125,126]. Asimismo, Barreto y col.[127] evaluaron la calidad del “tomate Cherry” recubierto con quitosano y aceite esencial de orégano, el cual mantuvo una mayor firmeza y una pérdida de peso de 6,58% para el día 12, la cual fue menor a comparación de los tomates sin recubrimiento. Asimismo, en nuestro estudio se obtuvo una pérdida de peso en el día 12 de 10,3% y 10,6% para C2 y E2, respectivamente. De acuerdo con Shengjun Wu la pérdida de peso de la fruta está asociada con la pérdida de agua debido a procesos de transpiración y respiración; donde las biopelículas actúan como barrera semi permeable al oxígeno, dióxido de carbono, agua y solutos [128,129].

Con relación a los sólidos solubles totales (SST), los resultados indican que los grupos con recubrimiento C2 y E2 han mantenido una concentración de SST más estable durante el almacenamiento y en el grupo sin recubrimiento se evidenció un incremento significativo en los últimos días (9,5; día 15) (p-

valor < 0,001). En otro estudio realizado por Chiabrando V, se obtuvo que el quitosano redujo la pérdida de SST durante el almacenamiento midiendo 8,2 ± 0,2° Brix al inicio y posterior al almacenamiento 8,7 ± 0,1° Brix (125), lo cual está relacionado con una menor tasa de respiración y maduración en los tomates recubiertos, debido a que el quitosano y el aceite esencial forman una película semipermeable en la superficie del tomate que disminuye la pérdida de agua [130].

La acidez titulable mide la concentración de ácidos orgánicos en el fruto y el índice de madurez es la relación entre los sólidos solubles y la acidez titulable. Ambos parámetros evalúan el estado de maduración del fruto, los cuales no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de recubrimiento durante la mayor parte del almacenamiento, excepto en el día 0 y 15. No obstante, los valores observados el día 15 indican que los recubrimientos influyeron en la maduración del fruto, como se refleja en el índice de madurez significativamente menor en los grupos E2 (9,52) y C2 (9,38) en comparación con el blanco (12,5) (p < 0,001). Este resultado indica que el aceite esencial de orégano, en combinación con la matriz de quitosano-vainillina, ralentiza el proceso de maduración. En otro estudio Shehata, et al. demostró que la acidez titulable en tomates disminuyó con el aumento del tiempo de almacenamiento, en sus resultados se mostró la disminución significativa de la acidez titulable en el grupo sin recubrimiento durante el almacenamiento y una ralentización de la disminución de la acidez en los grupos con recubrimiento, por lo que concluyeron que los recubrimientos ayudan a mantener la acidez titulable del tomate y es efectivo para preservar su calidad y frescura [125-127].

En el presente estudio, el pH mostró una variación moderada entre los grupos, con un ligero incremento en el recubrimiento de E1 y E2. Asimismo, se observó un aumento del pH del recubrimiento C1 en el día 15 con una diferencia estadísticamente significativa en relación con los demás grupos. Según Shehata se observó que el grupo de recubrimiento mantuvo el pH durante el almacenamiento lo que permitió mantener la calidad del “tomate Cherry”, retrasando el proceso de deterioro [125,126].

El licopeno es el pigmento carotenoide más importante del tomate Cherry, responsable de su característico color rojo. Su contenido está relacionado con el proceso de maduración, ya que durante este proceso la clorofila se degrada y se activan genes clave en la biosíntesis de carotenoides, como *PSY1*, *PDS* y *LCYB*, favoreciendo su acumulación en los cromoplastos. [131] En nuestro estudio, observamos un incremento progresivo del contenido de licopeno con el tiempo, siendo mayor en los tomates sin recubrimiento en comparación con los recubiertos. Para el día 15, el tomate Cherry sin recubierta presentó el contenido más alto de licopeno con 25,98 ± 0,58 mg/kg, mientras que el grupo C1, que tuvo el mayor contenido entre los recubiertos, alcanzó 21,31 ± 0,06 mg/kg.

Estos resultados coinciden con los reportados por Safari et al., quienes encontraron que los tomates Cherry sin recubrimiento alcanzaron un contenido de licopeno significativamente mayor en comparación con aquellos tratados con recubrimientos a base de quitosano y vainillina. En su estudio, el grupo sin recubrimiento mostró un incremento continuo en la síntesis de licopeno hasta alcanzar valores máximos en la última etapa del almacenamiento. En contraste, los tomates con recubrimiento presentaron un menor aumento en la acumulación de este carotenoide. A partir de ello, se sugiere que la modificación de la permeabilidad a los gases y la reducción de la tasa de respiración en los frutos recubiertos podría estar afectando la biosíntesis del licopeno [132].

Del mismo modo, Korumilli y Tarangini obtuvieron resultados similares al evaluar el contenido de licopeno en tomates con y sin recubrimiento a base de sericina, quitosano y Aloe vera. En su estudio se observó que el contenido de licopeno fue menor en los tomates recubiertos durante todo el periodo de almacenamiento, en comparación con el grupo sin recubrimiento. Esto se atribuyó a la reducción en la tasa de respiración y producción de etileno en los frutos recubiertos, lo que posiblemente retrasó el proceso de maduración y, por ende, la acumulación de licopeno [133]. Asimismo, cabe resaltar que el estudio de Lado, et al. reportó que factores como la temperatura, la luz y la disponibilidad de oxígeno influyen en la acumulación de este carotenoide

[134], lo que sugiere que el uso de recubrimientos puede modificar las condiciones microambientales del fruto, afectando su metabolismo y su contenido de compuestos bioactivos [135].

Respecto al análisis microbiológico, los resultados obtenidos en esta investigación muestran que la aplicación de un recubrimiento a base de quitosano, vainillina y aceite esencial de orégano en tomates Cherry redujo el crecimiento de mohos y levaduras en comparación con el grupo control. En el grupo sin recubrimiento, se observó un incremento progresivo en la concentración de levaduras desde el día 7 (2,5 ± 0,1 log UFC/g) hasta el día 15 (3,3 ± 0 log UFC/g), lo que evidencia el deterioro microbiológico esperado en frutos almacenados. En contraste, los grupos tratados con los recubrimientos presentaron un menor crecimiento de levaduras, particularmente en el grupo E2, en el que las cargas microbianas fueron las más bajas en ambos tiempos de evaluación (día 7: 1,6 ± 0,4 log UFC/g; día 15: 2,6 ± 0 log UFC/g). Estos resultados concuerdan con el estudio de González-Saucedo, et al. que reporta la capacidad del recubrimiento a base de quitosano y AEO con concentración de 0,03% para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras en jitomates color rojo claro (*Solanum lycopersicum* L.) [136].

La eficacia observada en los recubrimientos puede atribuirse a la acción sinérgica del quitosano y los compuestos bioactivos presentes en la vainillina y el aceite esencial de orégano. Se ha reportado que el quitosano altera la permeabilidad de la membrana celular de los microorganismos, mientras que los compuestos fenólicos de los aceites esenciales interfieren en procesos metabólicos clave, afectando la viabilidad de hongos y levaduras [137]. Además, la reducción en la carga microbiana en los grupos con recubrimiento sugiere un potencial para extender la vida útil del tomate Cherry durante el almacenamiento en refrigeración, disminuyendo así las pérdidas postcosecha y mejorando la calidad del producto final [138].

Los resultados de este estudio sugieren que los recubrimientos de quitosano y vainillina enriquecidos con AEO son efectivos para mantener la vida útil del “tomate Cherry”, lo que se observó en la formulación E2 que exhibió al día 15

una permeabilidad al vapor de agua de 23,4, pérdida de peso de 13,4%, índice de madurez de 9,38 y pH de 4,65. A nivel microbiológico, el grupo E2 tuve el mejor desempeño porque presentaron recuento de aerobios mesófilos y coliformes inferiores a 10 UFC/g, sin detección de mohos, y un menor crecimiento de levaduras (Día 15: 2,6 ± 0) en comparación con los otros grupos. Estos hallazgos pueden contribuir a la industria alimentaria, promoviendo el desarrollo de recubrimientos naturales y biodegradables, disminuir su desperdicio y mejorar la satisfacción del consumidor.

VII. CONCLUSIONES

1. Se formularon dos recubrimientos a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano (Ch 1,5 % + Vn 5,0 % p/p de Ch + AEO) y D (Ch 2,0 % + Vn 7,5 % p/p de Ch + AEO), las cuales tuvieron un efecto favorable con respecto a las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas en el tomate Cherry.

2. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del tomate Cherry recubierto con matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano, donde se observó que junto al grupo recubierto con matriz de quitosano-vainillina, presentaron una mayor conservación de los frutos con recubierta, ya que hubo un menor % PP, menor contenido de SST, menor contenido de licopeno comparado con el grupo de tomates Cherry sin recubierta.

3. Se evaluaron las propiedades microbiológicas del tomate Cherry recubierto con matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano donde se observaron un menor crecimiento de levaduras y hongos con respecto a los tomates Cherry no recubiertos.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Ampliar el tamaño de muestra utilizado en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos para obtener resultados más representativos. Asimismo, se sugiere incorporar estudios de análisis sensorial en los productos que presenten mejores resultados.

2. Complementar la investigación con estudios de toxicidad oral subaguda o subcrónica para garantizar la seguridad de estos productos para el consumo humano.

3. Complementar la investigación mediante el desarrollo de más formulaciones de recubrimiento para optimizar la formulación y así se produzcan mejores resultados en términos de conservación y efectividad antimicrobiana sin afectar las propiedades sensoriales de los tomates.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Márquez B. Prado E. Garzón V. Carbajal H. Sistema de producción sustentable de tomates cherry (*Solanum licopersicu*m var. *cerasiforme*): riego permanente y cultivo alternativo. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2023. Volumen 7, Número 1 p 9833. Disponible en: https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5093/7726
2. Herrera J. Preciado J. Robles J. Impacto económico de las pérdidas postcosecha en los sistemas agrícolas: El sistema de uva de mesa. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 2022. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/813/81371861001/html/
3. Rives S. Ventura R. Hernández M. Bautista S. Evaluación de recubrimientos biodegradables para la conservación en fresco de jitomate Kenton. Acta agrícola y pecuaria, 4 (3): 80-91. 2018. Disponible en: https://doi.org/10.30973/aap/2018.4.3/2
4. Fornaris G. Cosecha y Manejo Postcosecha. Conjunto Tecnológico para la Producción de tomate. Universidad de Puerto Rico. 2007.
5. Siddiq A. Chaoyi M. Perishable Food Supply Chain Management: Challenges and the Way Forward. Open Journal of Social Sciences, 2023, 11, 349-364
6. Rosales S. Pérdida de alimentos: supera el 40% en tomate y banano en Perú, según la FAO. [Internet]. Lima. Diario Gestión. 2019. Disponible en: https://gestion.pe/peru/perdida-de-alimentos-supera-el-40-en-tomate-y-banano-desde-el-cultivo-hasta-distribucion-noticia/?ref=gesr
7. Moloco L. Orbegoso L. Evaluación del efecto de un recubrimiento a base de sábila (*Aloe Vera*) y aceite esencial de Canela (*Cinnamomum verum)* en el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) roma. [Tesis]. Pimentel. Universidad Señor de Sipán. 2016.
8. Mora R. Feregrino A. Contreras M. Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. Ciencia Latina Revista Multidiciplinar. 2021. Volumen 5, Número 4. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.644 p.4605
9. Aranaz I, Alcántara AR, Civera MC, Arias C, Elorza B, Heras Caballero A, et al. Chitosan: An Overview of Its Properties and Applications. Polymers

[Internet]. 2021 Sep 24;13(19):3256. Disponible en: https://www.mdpi.com/2073-4360/13/19/3256

10. Rosero A. Espinoza P. Fernandez L. Recubrimietos Comestibles con Materiales Micro/Nanoestructurados para la conservación de frutas y verduras: Una revisión. InfoAnalítica Número Especial. 2020. 8:149-178. Disponible en: http://pucedspace.puce.edu.ec/handle/23000/5427
11. Nayely Leyva-López, Erick P Gutiérrez-Grijalva, Gabriela Vazquez-Olivo, J Basilio Heredia. Essential Oils of Oregano: Biological Activity beyond Their Antimicrobial Properties. Molecules. 2017 jun 14;22(6):989. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28613267/
12. Zacharias E Suntres, John Coccimiglio, Misagh Alipour. The bioactivity and toxicological actions of carvacrol. Crit Rev Food Sci Nutr. 2015;55(3):304-18. Disponible en : https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24915411/
13. Sagar S. Arya, James E. Rookes, David M. Cahill, Sangram K. Vanillin: a review on the therapeutic prospects of a popular flavouring molecule. 2021. Advances in Traditional Medicine, 21(3), 1–17. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7790484/
14. Ministerio del Ambiente. Viceministerio de Desarrollo de Recursos Naturales, D. G. de D. Biológica. D. de R. G. y B. (2020). Línea de base de la diversidad del tomate peruano con fines de bioseguridad. Perú. Ministerio Del Ambiente. http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/664
15. La producción de tomate en el mundo deja a los agricultores cerca de 90.000 millones de euros - Hortoinfo. (n.d.). Retrieved January 20, 2024, from https://hortoinfo.es/valor-produccion-mundial-tomate-240622/
16. Exportaciones de tomate fresco por parte de Perú sumaron 3.402 toneladas por US$ 1.4 millones en 2022. (n.d.). Retrieved January 20, 2024, from https://agraria.pe/noticias/exportaciones-de-tomate-fresco-por-parte-de-peru-sumaron-3-4-30788
17. B. Tomadoni, A. Ponce, M. Pereda, et al. Vanillin as a natural cross-linking agent in chitosan-based films: Optimizing formulation by response surface methodology. Polymer Testing. 2019; Volume 78. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142941819302946

18. Parvin N, Rahman A, Roy J, Md HR, Newton CP, Mahamud MA, et al. Chitosan Coating Improves Postharvest Shelf-Life of Mango (Mangifera indica L.). Horticulturae 2023;9(1):64.
19. HM Prathibhani C. Kumarihami a,Yun-Hee Kim b, et al. Aplicación de quitosano como recubrimiento comestible para mejorar la capacidad de almacenamiento y la calidad de la fruta de kiwi: una revisión. Scientia Horticulturae. 2022; Volume 292. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423821007548
20. Salgado-Cruz M de la P, Salgado-Cruz J, García-Hernández AB, et al. El quitosano como recubrimiento para el biocontrol en productos poscosecha: una revisión bibliométrica. Membranas [Internet]. 31 de mayo de 2021; 11 (6): 421. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3390/membranes11060421.
21. Xing, Y., Xu, Q., Li, X., Chen, C., Ma, L., Li, S., … Lin, H. Recubrimiento a base de quitosano con agentes antimicrobianos: preparación, propiedad, mecanismo y eficacia de la aplicación en frutas y verduras. Revista internacional de ciencia de polímeros, 2016, 1–24. Disponible en: https://www.hindawi.com/journals/ijps/2016/4851730/
22. Galdós M, Ramírez M, Villalobos P. El Rol de las Universidades en la Era de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Instituto de Innovación, Ciencia y Empresa: Madrid, España. 2020. Disponible en: https://goo.su/9opdze
23. Áreas y líneas de investigación de los Grupos de Investigación (GI) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). [Internet]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2021 [citado 2 de Marzo de 2024]. Disponible de: https://unmsm-web-static-files.s3.sa-east-1.amazonaws.com/10-areas%20y%20l%C3%A3%C2%ADneas%20de%20investigaci%C3%A3%C2%B3n%20-%20agosto%202021-1667945318974.pdf
24. Decreto Supremo No 014-2017-MINAM ─ Reglamento del Decreto Legislativo No 1278, Ley de gestión integral de residuos sólidos. | FAOLEX. (n.d.). Retrieved January 29, 2024. Disponible en: https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC176795/
25. Sierra-Muñoz, J. C., Siquieros-Delgado, M. E., Flores-Ancira, E., Moreno-Rico, O., & Arredondo-Figueroa, J. L. (2015). Riqueza y distribución de la familia

Solanaceae en el estado de Aguascalientes, México. Bot. sci, 93(1), 97- 117. doi: http://dx.doi.org/10.17129/botsci.63

26. Meza E. Caracterización del cultivo de tomate Cherry (Solanum lycopersicum var. cerasiforme) en sistemas hidropónicos. Babahoyo. 2022 Disponible en: http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13323/E-UTB-FACIAG-AGRON-000031.pdf?sequence=1&isAllowed=
27. Tropicos [Internet]. Tropicos.org. [citado el 13 de enero de 2025]. Disponible en: https://www.tropicos.org/name/50337714
28. Kaur C., George B., Deepa N., Singh B. and Kapoor H. C. Antioxidant status of fresh and processed tomato. Journal of Food Science and Technology-Mysore. 2004. 41(5): 479-486
29. Rodríguez-Amaya DB. Carotenoides y Preparación de alimentos: La retención de los carotenoides Provitamin A: En: Alimentos preparados, procesados y almacenados. OMNI Project, Brazil. 1999
30. A. Meléndez. Carotenoides en agroalimentación y salud. Capitulo I: Carotenoides: estructura, propiedades y funciones. Primera Edición. Programa Iberoamericano De Ciencia Y Tecnología Para El Desarrollo – CYTED. 2017. Disponible en: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/150138/Cap%C3%ADtulo%201%20Carotenoides%20en%20agroalimentaci%C3%B3n%20y%20salud.pdf?sequence=1&isAllowed=y
31. A. Meléndez-Martínez, I. Vicario, F. Heredia. Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. ALAN v.57 n.2 Caracas jun. 2007. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222007000200002
32. A. Meléndez, Begoña O, Granado F. Carotenoides y Salud Humana. Madrid: Editorial Fundación Española de la Nutrición. 2001. p.13-63
33. Rodriguez-Amaya DB. Critical review of provitamin A determination in plant foods. J Micronutr Anal. 1989; (5): 191-225
34. M. Jáuregui, M. Calvo, F. Pérez-Gil . Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 61 Nº 3, 2011. Disponible en: https://ve.scielo.org/pdf/alan/v61n3/art01.pdf

35. R. Cruz, J. González, P. Sánchez. Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. Revista Nutrición Hospitalaria. Vol.28 no.1. Madrid. 2013. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013000100002
36. Antonio J. Meléndez-Martínez, Isabel M. Vicario, Francisco J. Heredia. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición v.54 n.2 Caracas jun. 2004. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011
37. K. Waliszewski, G. Blasco. Propiedades nutraceúticas del licopeno. Salud Pública de México. Vol. 52, no. 3, mayo-junio de 2010. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v52n3/10.pdf
38. Romero-Serrano A, Pereira J. Estado del arte: Quitosano, un biomaterial versátil. Estado del Arte desde su obtención a sus múltiples aplicaciones. Universidad de Carabobo. Revista INGENIERÍA UC, vol. 27, núm. 2, pp. 118-135, 2020.
39. Adiletta G, Di Matteo M, Petriccione M. Multifunctional Role of Chitosan Edible Coatings on Antioxidant Systems in Fruit Crops: A Review. International Journal of Molecular Sciences 2021, Vol 22, Page 2633 [Internet]. 2021 Mar 5 [cited 2024 May 22];22(5):2633. Available from: https://www.mdpi.com/1422-0067/22/5/2633/htm
40. Zárate-Moreno JC, Escobar-Sierra DM, Ríos-Estepa R. Development and evaluation of chitosan-based food coatings for exotic fruit preservation. BioTech. 2023;12(20):1-15.
41. Babio B. Extracción de vainillina y ácido vanílico empleando disolventes eutécticos profundos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (UPM). Trabajo de fin de Máster. Industriales. 2019. Disponible en: https://oa.upm.es/65458/1/TFM_BEATRIZ_BABIO_NUNEZ.pdf
42. G. Bravo, V. Gómez. J. Bonilla. Vainillina. Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia. 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/348848794_VAINILLINA

43. Gallage N, Lindberg B. Vanillin-bioconversion and bioengineering of the most popular plant flavor and its de novo biosynthesis in the vanilla orchid. Molecular Plant; vol. 8, no 1, p. 40-57.
44. A. K. Sinha, U. K. Sharma, N. Sharma. « A comprehensive review on vanilla flavor: extraction, isolation and quantification of vanillin and others constituents". International journal of food sciences and nutrition, vol. 59, no 4, p. 299-326, 2008.
45. Walton N, Mayer M, A. Narbad. Vanillin. Phyto Chemestry; 2023. Vol. 63. P 505-215. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942203001493
46. Lukas, B., Schmiderer, C., & Novak, J. (2013). Phytochemical diversity of Origanum vulgare L. subsp. vulgare (Lamiaceae) from Austria. Biochemical Systematics and Ecology, 50, 106–113.
47. Leyva-López N, Gutiérrez-Grijalva EP, Vazquez-Olivo G, Heredia JB. Essential Oils of Oregano: Biological Activity beyond Their Antimicrobial Properties. Molecules. junio de 2017;22(6):989.
48. Skoula M. y Harborne J. The taxonomy and chemistry of Origanum. En: Spiridon E. Kintzios. Oregano:the genera Origanum and Lippia. Taylor & Francis:2004.p.67- 71.
49. Wilson, L. Spices and Flavoring Crops: Leaf and Floral Structures. Encyclopedia of Food and Health,2016; 84–92.
50. Tropicos [Internet]. Tropicos.org. [citado el 12 de enero de 2025]. Disponible en: https://www.tropicos.org/name/100234936
51. Zamuner CFC, Marin VR, Dilarri G, Hypolito GB, Sass DC, Ferreira H. Oregano essential oil and its main components Thymol and Carvacrol as alternatives to control citrus canker. Front Agron [Internet]. 31 de marzo de 2023 [citado 19 de diciembre de 2024];5.
52. Han F, Ma G qiang, Yang M, Yan L, Xiong W, Shu J cheng, et al. Chemical composition and antioxidant activities of essential oils from different parts of the oregano. J Zhejiang Univ Sci B. enero de 2017;18(1):79-84.
53. Teixeira B, Marques A, Ramos C, Serrano C, Matos O, Neng NR, et al. Chemical composition and bioactivity of different oregano (Origanum vulgare

) extracts and essential oil. J Sci Food Agric. 30 de agosto de 2013;93(11):2707-14.

54. Gilling DH, Kitajima M, Torrey JR, Bright KR. Antiviral efficacy and mechanisms of action of oregano essential oil and its primary component carvacrol against murine norovirus. J Appl Microbiol. 1 de mayo de 2014;116(5):1149-63.
55. Walasek-Janusz M, Grzegorczyk A, Malm A, Nurzyńska-Wierdak R, Zalewski D. Chemical Composition, and Antioxidant and Antimicrobial Activity of Oregano Essential Oil. Molecules. enero de 2024;29(2):435.
56. Kocira A, Kozłowicz K, Panasiewicz K, Staniak M, Szpunar-Krok E, Hortyńska P. Polysaccharides as Edible Films and Coatings: Characteristics and Influence on Fruit and Vegetable Quality—A Review. Agronomy. mayo de 2021;11(5):813.
57. Hashemi SMB, Kaveh S, Abedi E, Phimolsiripol Y. Polysaccharide-based edible films/coatings for the preservation of meat and fish products: Emphasis on incorporation of lipid-based nanosystems loaded with bioactive compounds. Foods [Internet]. 2023;12(17). Disponible en: http://dx.doi.org/10.3390/foods12173268
58. Khin MN, Ahammed S, Kamal MM, Saqib MN, Liu F, Zhong F. Investigating next-generation edible packaging: Protein-based films and coatings for delivering active compounds. Food Hydrocoll Health [Internet]. 2024;6(100182):100182. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.fhfh.2024.100182
59. Yousuf B, Sun Y, Wu S. Lipid and lipid-containing composite edible coatings and films. Food Rev Int [Internet]. 2022;38(sup1):574–97. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2021.1876084
60. Thivya P, Gururaj PN, Reddy NBP, Rajam R. Recent advances in protein-polysaccharide based biocomposites and their potential applications in food packaging: A review. Int J Biol Macromol [Internet]. 2024;268(131757):131757. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131757
61. Xu C, Zhan W, Tang X, Mo F, Fu L, Lin B. Self-healing chitosan/vanillin hydrogels based on Schiff-base bond/hydrogen bond hybrid linkages. Polym

Test [Internet]. 2018;66:155–63. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.01.016

62. Stroescu, M .; Stoica-Guzun, A .; Isopencu, G .; Jinga, SI ; Parvulescu, O .; Dobre, T .; Vasilescu, M. Compuestos de quitosano y vainillina con propiedades antimicrobianas . Hidrocoloides alimentarios 2015 , 48 , 62 – 71 , DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.02.008 35
63. Safari ZS, Ding P, Juju Nakasha J, Yusoff SF. Combining Chitosan and Vanillin to Retain Postharvest Quality of Tomato Fruit during Ambient Temperature Storage. Coatings. diciembre de 2020;10(12):1222.
64. C.Wu, W. Wei, C. Danling. A novel module of MaMADS31-MaBZR2 confers negative regulation of banana fruit ripening. May 2024. Horticultural Plant Journal. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.hpj.2023.12.008
65. S. Li, K. Chen, D. Grierson. Mecanismos moleculares y hormonales que regulan la maduración de frutos carnosos. Cells 2021, 10(5), 1136. Disponible en: https://doi.org/10.3390/cells10051136
66. B. Li, S.; Zhu, B.; Pirrello, J.; Xu, C.; Zhang, B.; Bouzayen, M.; Chen, K.; Grierson, D. Roles of RIN and ethylene in tomato fruit ripening and ripening-associated traits. New Phytol. 2020, 226, 460–475.
67. Gupta, S.K.; Sharma, S.; Santisree, P.; Kilambi, H.; Appenroth, K.; Sreelakshmi, Y.; Sharma, R. Complex and shifting interactions of phytochromes regulate fruit development in tomato. Plant Cell Environ. 2014, 37, 1688–1702.
68. Tucker, G.; Yin, X.; Zhang, A.; Wang, M.; Zhu, Q.; Liu, X.; Xie, X.; Chen, K.; Grierson, D. Etileno y ablandamiento de frutas. Food Qual. Saf. 2017 , 1 , 253–267. [Google Scholar] [CrossRef]
69. Wang, D.; Yeats, TH; Uluisik, S.; Rose, JK; Seymour, GB Ablandamiento de frutas: reexaminando el papel de la pectina. Trends Plant Sci. 2018 , 23 , 302–310. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
70. Smith, CJS; Watson, CF; Morris, PC; Bird, CR; Seymour, GB; Gray, JE; .Arnold, C.; Tucker, GA; Schuch, W.; Harding, S.; et al. Herencia y efecto sobre la maduración de genes de poligalacturonasa antisentido en tomates transgénicos. Plant Mol. Biol. 1990 , 14 , 369–379.

71. Solano-Doblado Luz Georgina, Alamilla-Beltrán Liliana, Jiménez-Martínez Cristian. Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. TIP [revista en Internet]. 2018 [citado 2025 Ene 03] ; 21(Suppl 2): e20180153.
72. Priya K, Thirunavookarasu N, Chidanand DV. Recent advances in edible coating of food products and its legislations: A review. J Agric Food Res [Internet]. 2023;12(100623):100623.
73. González-Cuello, R., Fuentes, LG, Castellanos, HM, Hernández-Fernández, J., y Ortega-Toro, R. Recubrimientos compuestos con liposomas de extracto de Melissa officinalis para prolongar la vida útil del tomate. Revista de ciencia de compuestos. 2024; 8 (7), 283**.**
74. Zhu J. Chen X. Huang T. et al. Characterization and antioxidant properties of chitosan/ethyl-vanillin edible films produced via Schiff-base reaction. Food Sci Biotechnol 32, 157–167 (2023). https://doi.org/10.1007/s10068-022-01178-w
75. Arcentales Leon J. Evaluación del efecto de quitosano y aceite de canela aplicado como recubrimiento comestible en mora postcosecha. [Tesis]. Cuenca. Universidad Politécnica Salesiana. 2022.
76. Raspo M. Gomez G. Andreatta A. Utilización de películas a base de quitosano para la conservación de tomates Cherry. Jornadas de Ciencia y Tecnología 2021. Disponible en: https://doi.org/10.33414/ajea.1.871.2021
77. M. Baharuddin, D. Rubiyanto; El uso de recubrimientos comestibles a base de quitosano enriquecidos con aceites esenciales para mejorar la capacidad de almacenamiento de las fresas. Actas de la conferencia AIP. 2021; 2370 (1): 060007. Disponible en: https://doi.org/10.1063/5.0062205
78. Rezaeifar M. Mehdizadeh T. Mojaddar A. Rezaei F. Effect of chitosan edible coating enriched with lemon verbena extract and essential oil on the shelf life of vacuum rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J Food Saf. 2020; 40: e12781. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfs.12781
79. Yusof N. M. Jai J., Hamzah F. Pinijsuwan S. Evaluation of the Effect of *Curcuma longa* L. Essential Oil in Chitosan-starch Edible Coating. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering. 2018; 395(1). Disponible en: https://doi.org/10.1088/1757-899X/395/1/012020

80. Villar K. Formulación de Biopelículas de Quitosano funcionalizadas con aceite esencial de *Minthostachys mollis* “Muña” con propiedad antioxidante y antimicrobiana. [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2021.
81. Ruiz Burga, M. Aplicación de Quitosano con Aceites Esenciales contra *Botrytis cinerea* Pers. “Moho Gris” en *Lycopersicon esculentum* P. Mill “Tomate”. [Tesis]. Lima: Universidad Ricardo Palma. 2018.
82. Pillai ARS, Eapen AS, Zhang W, Roy S. Polysaccharide-Based Edible Biopolymer-Based Coatings for Fruit Preservation: A Review. *Foods*. 2024 May 14;13(10):1529. doi: 10.3390/foods13101529.
83. Marin L, Stoica I, Mares M, Dinu V, Simionescu BC, Barboiu M. Antifungal vanillin–imino-chitosan biodynameric films. J Mater Chem B. 2013;1(27):3353.
84. Zhu J, Huang T, Chen X, Tian D, Wang L, Gao R. Preparation and characterization of vanillin-conjugated chitosan-stabilized emulsions via a Schiff-base reaction. Food Sci Biotechnol [Internet]. 2023;32(11):1489–99. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s10068-023-01277-2
85. Li T, Sun X, Chen H, He B, Mei Y, Wang D, et al. Effect of the Combination of Vanillin and Chitosan Coating on the Microbial Diversity and Shelf-Life of Refrigerated Turbot (Scophthalmus maximus) Filets. Front Microbiol [Internet]. 31 de marzo de 2020 [citado 4 de diciembre de 2024];11. Disponible en: https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.00462/full
86. Olatunde A, Mohammed A, Ibrahim MA, Tajuddeen N, Shuaibu MN. Vanillin: A food additive with multiple biological activities. Eur J Med Chem Rep. 1 de agosto de 2022; 5:100055.
87. Al-Baqami N, Hamza R. Synergistic antioxidant capacities of vanillin and chitosan nanoparticles against reactive oxygen species, hepatotoxicity, and genotoxicity induced by aging in male Wistar rats. Hum Exp Toxicol. 1 de enero de 2021;40(1):183-202.
88. Ismail BP, Nielsen SS, editores. Nielsen’s Food Analysis [Internet]. 6th edition. Cham: Springer International Publishing; 2024 [citado 5 de diciembre de 2024]. 633 p. (Food Science Text Series). Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-50643-7

89. Kumar S, Preet RP, Rizwanullah M, Kumar P. Chapter 8 Different Maturity indices of Fruits and Vegetables Crops. En: Current Trends in Horticulture. Biotech books; 2023. p. pp.101-118.
90. Løvdal T, Van Droogenbroeck B, Eroglu EC, Kaniszewski S, Agati G, Verheul M, et al. Valorization of Tomato Surplus and Waste Fractions: A Case Study Using Norway, Belgium, Poland, and Turkey as Examples. Foods. julio de 2019;8(7):229.
91. Alda LM, Gogoaşă I, Bordean DM, Gergen I, Alda S, Moldovan C, et al. Lycopene content of tomatoes and tomato products. J Agroaliment Process Technol. 2009;
92. Dai C, Sun J, Huang X, Zhang X, Tian X, Wang W, et al. Application of Hyperspectral Imaging as a Nondestructive Technology for Identifying Tomato Maturity and Quantitatively Predicting Lycopene Content. Foods. enero de 2023;12(15):2957.
93. Lingle CK, Schumacher AJ, Rosauer ML, Silbernagel KM, Deterding A. 3MTM PetrifilmTM Rapid Aerobic Count (RAC) plate method for the enumeration of aerobic bacteria on selected surfaces: AOAC official MethodSM 2015.13. J AOAC Int [Internet]. 2022;106(1):165–70. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1093/jaoacint/qsac122
94. Anderson T, Haggerty A, Silva E, Mason C, Bell D, Denholm KS. Validation of the diagnostic accuracy of the 3MTM PetrifilmTM coliform and aerobic count plates to measure colostrum bacterial contamination on Scottish dairy farms. Vet J [Internet]. 2024;308(106230):106230. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2024.106230
95. 3M Petrifilm E. Coli and Coliform Count Plates [Internet]. Greyhound Chromatography. [citado el 3 de enero de 2025]. Disponible en: https://www.greyhoundchrom.com/3m-petrifilm-e-coli-and-coliform-count-plate-box-50-126496
96. Schumacher A, Lingle C, Silbernagel KM. 3MTM Petrifilm yeast and mold Count Plate for the enumeration of yeasts and molds in dried cannabis flower: AOAC official MethodSM 997.02. J AOAC Int [Internet]. 2023;106(2):412–9. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1093/jaoacint/qsac114

97. Kowalska-Krochmal B, Dudek-Wicher R. The minimum inhibitory concentration of antibiotics: Methods, interpretation, clinical relevance. Pathogens [Internet]. 2021;10(2):165. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3390/pathogens10020165
98. Wang Z, Zhou X, Sheng L, Zhang D, Zheng X, Pan Y, et al. Effect of ultrasonic degradation on the structural feature, physicochemical property and bioactivity of plant and microbial polysaccharides: A review. Int J Biol Macromol [Internet]. 2023;236(123924):123924. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813023008188
99. Lingle CK, Schumacher AJ, Rosauer ML, Silbernagel KM, Deterding A. 3MTM PetrifilmTM Rapid Aerobic Count (RAC) plate method for the enumeration of aerobic bacteria on selected surfaces: AOAC official MethodSM 2015.13. J AOAC Int [Internet]. 2022;106(1):165–70. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1093/jaoacint/qsac122
100. A. Pawariya V. De Soumik. Dutta J. Chitosan-based Schiff bases: Promising materials for biomedical and industrial applications. Carbohydrate Polymers. 2024; 323:121395.
101. Weraduwage S., Rasulov B., Sahu A., et al. Joseph Jez, Methods in Enzymology Chapter Eight - Isoprene measurements to assess plant hydrocarbon emissions and the methylerythritol pathway, Academic Press, 2022, Vol. 676, p. 211-237.
102. Petrusevski, Vladimir & Risteska, K. Behaviour of PhenolPhthalein in Strongly BaSic Media. Khimiya. Bulgarian Journal of Chemical Education. 2007, 16. 259-265.
103. Atares L. Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro. Universidad Politécnica de Valencia. [Internet] Disponible en: https://goo.su/Uw3ML
104. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Test for Bacteria that Grow Aerobically, Approved Standard. Tenth Edition. 2015. Volumen 35. Number 2. p. 24.
105. López-Díaz AS, Barriada-Bernal LG, Rodríguez-Ramírez J, Méndez-Lagunas LL. Characterization of pitahaya (Hylocereus undatus) mucilage -based films.

Applied Food Research [Internet]. 7 de enero de 2023;3(1):100266. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100266

106. San Martín-Hernández C, Ordaz-Chaparro V, Sánchez-García P, Colinas-Leon M y Borges-Gómez, L. Calidad de tomate (Solanum lycopersicum L.) producido en hidroponia con diferentes granulometrías de tezontle. Agrociencia, 2012, 46(3), 243-254.
107. Pérez-Díaz Fabiola, Arévalo-Galarza Ma. de Lourdes, Pérez-Flores Laura J., Lobato-Ortiz Ricardo, Ramírez-Guzmán Martha E.. Crecimiento y características postcosecha de frutos de genotipos nativos de tomate (Solanum lycopersicum L.). Rev. fitotec. mex [revista en la Internet]. 2020 Mar [citado 2025 Feb 05] ; 43(1): 89-99. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802020000100089&lng=es. Epub 28-Dic-2020. https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.89.
108. Nagata, M.; Yamashita, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Nippon. Shokuhin Kogyo Gakkaishi 1992, 39, 925–928.

109. 3M. Guia de Interpretación para Placas Petrifilm™para el Recuento de Aerobios AC. Internet. [2017]. [citado 2025 Feb 05] Disponible en:https://microquimica.com.mx/wp-content/uploads/2021/09/6400_guia_de_interpretacion.pdf
110. 3M. Guia de Interpretación para Placas Petrifilm™para el Recuento de Coliformes. Internet. [2015]. [citado 2025 Feb 05] Disponible en:https://microquimica.com.mx/wp-content/uploads/2021/09/6410_guia_de_interpretacion.pdf
111. 3M. Guia de Interpretación para Placas Petrifilm™para el Recuento de Mohos y Levaduras. Internet. [2017]. [citado 2025 Feb 05] Disponible en: https://microquimica.com.mx/wp-content/uploads/2021/09/6475_guia_de_interpretacion.pdf
112. Simirgiotis MJ, Burton D, Parra F, López J, Muñoz P, Escobar H, et al. Antioxidant and antibacterial capacities of *Origanum vulgare* L. essential oil from the arid Andean region of Chile and its chemical characterization by GC-

MS. Metabolites [Internet]. 2020;10(10):414. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3390/metabo10100414

113. Yilar, M., Bayan, Y., Aksit, H., Onaran, A., Kadioglu, I., & Yanar, Y. Bioherbicidal Effects of Essential Oils Isolated from Thymus fallax F., Mentha dumetorum Schult. and Origanum vulgare L. Asian Journal of Chemistry. 2013. 25(8), 4807–4811. doi:10.14233/ajchem.2013.14109
114. Burt, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. Int J Food Microbiol. 2004;94(3):223–253. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022
115. Dorman, H. J. D., & Deans, S. G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. J Appl Microbiol. 2000;88(2):308–316. https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x
116. Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. CRC Press; 2010.
117. Hammer, K. A., Carson, C. F., & Riley, T. V. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. J Appl Microbiol. 1999;86:985–990. https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1999.00780.x
118. Lima, M. D. S., et al. Antinociceptive and anti-inflammatory effects of the essential oil from Peperomia serpens in mice. J Ethnopharmacol. 2013;148(2):588–593. https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.04.025
119. Flores A, Hernández J, Lopez I, et al. Producción y extracción de aceite de orégano (lippia graveolens kunth) bajo cultivo en la comarca lagunera. Rev. Mex. Cien. For. Vol. 2 Núm. 3. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v2n3/v2n3a9.pdf
120. Özkalp B, Sevgi F, Özcan M, Özcan MM. The antibacterial activity of essential oil of oregano (Origanum vulgare L.). Journal of Food, Agriculture & Environment. 2010. Vol.8 (2): 272-274.
121. Jnaid Y, Yacoub R, Al-Biski F. Antioxidant and antimicrobial activities of Origanum vulgare essential oil. Int Food Res J. 2016; 23(4):1706-10.
122. Li H, Liu C, Sun J, Lv S. Bioactive Edible Sodium Alginate Films Incorporated with Tannic Acid as Antimicrobial and Antioxidative Food Packaging. Foods. enero de 2022;11(19):3044.

123. Long J, Zhang W, Zhao M, Ruan CQ. The reduce of water vapor permeability of polysaccharide-based films in food packaging: A comprehensive review. Carbohydrate Polymers. 1 de diciembre de 2023;321:121267.
124. Barik M, BhagyaRaj GVS, Dash KK, Shams R. A thorough evaluation of chitosan-based packaging film and coating for food product shelf-life extension. Journal of Agriculture and Food Research. 1 de junio de 2024;16:101164.
125. Shehata SA, Abdelrahman SZ, Megahed MMA, Abdeldaym EA, El-Mogy MM, Abdelgawad KF. Extending Shelf Life and Maintaining Quality of Tomato Fruit by Calcium Chloride, Hydrogen Peroxide, Chitosan, and Ozonated Water. Horticulturae. septiembre de 2021;7(9):309.
126. Roshandel-hesari N, Mokaber-Esfahani M, Taleghani A, Akbari R. Investigation of physicochemical properties, antimicrobial and antioxidant activity of edible films based on chitosan/casein containing Origanum vulgare L. essential oil and its effect on quality maintenance of cherry tomato. Food Chemistry. 1 de diciembre de 2022;396:133650.
127. Barreto TA, Andrade SCA, Maciel JF, Arcanjo NMO, Madruga MS, Meireles B, et al. A Chitosan Coating Containing Essential Oil from Origanum vulgare L. to Control Postharvest Mold Infections and Keep the Quality of Cherry Tomato Fruit. Front Microbiol [Internet]. 8 de noviembre de 2016 [citado 18 de diciembre de 2024];7. Disponible en: http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2016.01724/full
128. Wu S, Lu M, Wang S. Effect of oligosaccharides derived from Laminaria japonica-incorporated pullulan coatings on preservation of cherry tomatoes. Food Chemistry. mayo de 2016;199:296-300.
129. De Aquino AB, Blank AF, De Aquino Santana LCL. Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with Lippia gracilis Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (Psidium guajava L.) during storage at room temperature. Food Chemistry. marzo de 2015;171:108-16.
130. Chiabrando V, Giacalone G. Effect of different coatings in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut nectarines (cv Big Top). CyTA - Journal of Food. agosto de 2013;11(3):285-92.

131. Gómez-García MR, Ochoa-Alejo N. Biochemistry and molecular biology of carotenoid biosynthesis in chili peppers (Capsicum spp.). Int J Mol Sci. 2013;14(9):19025-53.
132. Safari M, Sheikhbaglou M, Ghasemnezhad M. Combining chitosan and vanillin to retain postharvest quality of tomato fruit during ambient temperature storage. Coatings. 2020;10(12):1222. doi:10.3390/coatings10121222.
133. Tarangini K, Kavi P, Jagajjanani Rao K. Application of sericin-based edible coating material for postharvest shelf-life extension and preservation of tomatoes. eFood [Internet]. 2022;3(5). Disponible en: http://dx.doi.org/10.1002/efd2.36
134. Lado J, Vicente E, Ares A, et al. Efecto de la temperatura de conservación en el contenido de carotenoides y vitamina C en frutos de pomelo rojo 'Star Ruby'. Agrociencia Uruguay. 2015;19(1):6-15.
135. E. Kotiková Z, Hejtmánková A, Lachman J. Determination of antioxidant activity and antioxidant content in tomato varieties and evaluation of mutual interactions between antioxidants. LWT - Food Sci Technol. 2009;42(10):210-4
136. González-Saucedo SC, Gutiérrez-Martínez P, Bautista-Baños S, Ramos-García M, Hernández-López M, Delgado-Sánchez P. Evaluación de recubrimientos biodegradables para la conservación en poscosecha de jitomate (Solanum lycopersicum L.). Acta Agrícola y Pecuaria. 2018;4(3):80-91. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330668132.
137. Martínez-Hernández LM, Pérez-Larios A, Ruvalcaba-Gómez JM, Sánchez-Burgos JA, Romero-Toledo R, Montalvo-González E. Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. TIP Rev Esp en Cienc Quím-Biol. 2020;23:e20200241. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-888X2020000100208&script=sci_arttext.
138. Z. Rodríguez-González CA, González-Estrada RR, Bautista-Baños S, Gutiérrez-Martínez P. Evaluación in vitro del quitosano y aceites esenciales para el control de Colletotrichum acutatum y C. gloeosporioides aislados de aguacate. TIP Rev Esp en Cienc Quím-Biol. 2019;22:1-10. Disponible en: https://tip.zaragoza.unam.mx/index.php/tip/article/view/189.

X. ANEXOS

ANEXO 1: Constancia de Ficha Taxonómica.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
MUSEO DE HISTORIA NATURAL

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Museo de Historia Natural UNMSM desde 1918 estudiando el Perú

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CONSTANCIA N° 067-USM-MHN-2024

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (fértil) recibida de **Angelo Porfirio Quispe Hilario,** egresado de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos ha sido estudiada y clasificada como: *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (Alef.) D.M. Spooner, G.J. Anderson & R.K. Jansen y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).

ORDEN : Solanales Juss. ex Bercht. & J. Presl

FAMILIA : Solanaceae Juss.

GÉNERO : *Solanum L.*

ESPECIE : *Solanum lycopersicum* L.

VARIEDAD: *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* (Alef.) D.M. Spooner, G.J. Anderson & R.K. Jansen

Nombre vulgar: "Tomate Cherry"

Procedencia: Perú

Determinado por: Bach. Julio Torres.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 20 de marzo de 2024

MUSEO DE HISTORIA NATURAL - USM - Herbario San Marcos - JEFE

Dra. Joaquina Albán Castillo

JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Perú
Código postal Lima 15072

Celular: +51 947 245 652
Lunes a Viernes 8:00 - 15:45

e-mail: herbariousm@unmsm.edu.pe
https://museohn.unmsm.edu.pe/herbario.html

ANEXO 2: Proceso de destilación.



Saco de hojas de orégano



Hojas de orégano en la olla de destilación



Cerrado de la olla de destilación



Primera salida de destilado



Decantación de AEO



Medición del volumen del AEO

ANEXO 3: Caracterización del AEO por GC-EMS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO LABICER
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN

ABICER
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y CERTIFICACIONES
OTILIA ACHA DE LA CRUZ

INFORME DE ENSAYO Nº 0354 – 24 – LABICER

1.	**DATOS DEL CLIENTE**		
1.1.	NOMBRE / RAZÓN SOCIAL	:	ANGELO PORFIRIO QUISPE HILARIO
1.2.	D.N.I / R.U.C.	:	70814540
1.3.	DIRECCIÓN	:	--
2.	**CRONOGRAMA DE FECHAS**		
2.1.	FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	:	15 / 04 / 2024
2.2.	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO	:	16 / 04 / 2024
2.3.	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME	:	22 / 04 / 2024
3.	**ANÁLISIS SOLICITADO**	:	ANÁLISIS CUALITATIVO Y SEMICUANTITATIVO DE ACEITE ESENCIAL
4.	**DATOS DE LA MUESTRA**		
4.1.	TIPO DE MUESTRA	:	ACEITE ESENCIAL
4.2.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	:	01 MUESTRA DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO
	FECHA DE PRODUCCIÓN	:	04 / 08 / 2023
	TESIS	:	Recubrimiento a base de matriz de quitosano-vainillina con aceite esencial de orégano y su efecto sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del "Tomate Cherry"
4.3.	OBSERVACIONES (SI APLICA)	:	ENVASE DE VIDRIO AMBAR
5.	**LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS**	:	LABORATORIO LABICER-UNI
6.	**CONDICIONES AMBIENTALES**	:	Temperatura: 21.7°C; Humedad relativa: 47%

7. EQUIPOS UTILIZADOS

CROMATÓGRAFO DE GASES. SHIMADZU, GC-2010 Plus.
- Automuestreador: SHIMADZU, AOC-6000.
- Detector de espectrometría de masas: SHIMADZU, GCMS-QP210 Ultra.

COLUMNA GC: RESTEK. RTX-5MS, 30m x 0.25 mm ID x 0.25 µm df. Serial: 1346249.

8. REACTIVOS

- Helio UHP (5.0), ≥99.999%
- n-hexano, P.A. Merck Millipore, EMSURE.
- Sulfato de sodio anhidro, P.A. Merck Millipore, EMSURE.

9. PROCEDIMIENTO

9.1. TRATAMIENTO DE MUESTRA

Se recibió 01 muestra de aceite esencial (descrita en el ítem 4). Se realizó el secado de la muestra con sulfato de sodio anhidro y se filtró usando filtros de jeringa de 0.45um.
Así, se diluyó 0.20 mL de la muestra filtrada con n-hexano (filtrado), enrasándolo en una fiola de 10mL. Se trasvasó la muestra diluida en un vial, el cual se colocó inmediatamente en el automuestreador del GCMS para su lectura.

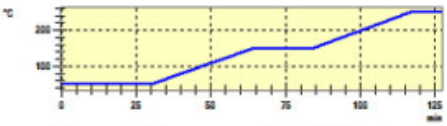
Prohibida la alteración o uso indebido del presente informe. Prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de LABICER-UNI.
Av. Túpac Amaru 210, Rímac-Lima-Perú. Teléfonos: (511) 481 1070 Anexo: 5018 / (511) 382 0500. E-mail: labicer@uni.edu.pe

9.2. CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS

Análisis por Inyección Líquida

TABLA Nº1. Condiciones de Operación	
Equipo GC/MS	GCMS-QP210 Ultra
Inyección Líquida (AOC-6000)	
Jeringa	LS1-10 µL
Ciclo de Pre-Enjuague	3
Ciclos de Enjuague con Muestra	1
Razón de Flujo de Aspiración	1 µL/s
Inyector	SPL1
Razón de Flujo de Inyección	100 µL/min
Ciclos Post-Enjuague	3
Volumen de Inyección	1.0 µL
Puerto de Inyección	
Tipo	Split
Razón de Split	20.0
Temperatura	220 °C
Tipo	Helio
Modo de Control de flujo	Velocidad Lineal (32.4 cm/sec)
Flujo de columna	0.80 mL/min
Flujo de purga	3 mL/min

Programa de Temperatura de Columna		
Razón	Temperatura	Hold time
-	50 °C	30 min
3 °C/min	150 °C	20 min
3 °C/min	250 °C	10 min



Tiempo total programado: 126.67 min

Detector	
Tipo	Masas
Temperatura de Fuente de iones	250°C
Temperatura de Interface	290°C
Tiempo de corte	2 min
Tiempo de inicio MS	3 min
Energía de ionización	70eV
Modo de adquisición	Scan
Rango SCAN	20-500 m/z
Columna Cromatográfica	
Tipo	Rtx®-5 MS
Dimensiones	30 m x 0.25 mm x 0.25 µm

Prohibida la alteración o uso indebido del presente informe. Prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de LABICER-UNI.
Av. Túpac Amaru 210, Rímac-Lima-Perú. Teléfonos: (511) 481 1070 Anexo: 5018 / (511) 382 0500. E-mail: labicer@uni.edu.pe

10. RESULTADOS

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO DE REFERENCIA [1]
Análisis cualitativo y semicuantitativo de los componentes de la muestra [2, 3]	Los componentes de la muestra que presentan mayor área relativa son: • gamma-Terpinene: 27.05 % • Terpinen-4-ol: 16.20 % • 2-Carene: 10.38 % Los compuestos se muestran en la Tabla N°1 (Anexos).	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). *(Inyección líquida).*

[1] Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente.
[2] La identificación (análisis cualitativo) de los compuestos es el resultado probabilístico obtenido por el software del equipo GCMS solution de SHIMADZU utilizando la librería NIST 2014. La probabilidad se mide por el SI (Similarity index) que se encuentra en cada espectro de masa (en el texto superior a la gráfica). Normalmente se usa el rango de SI de 85 a 100.
[3] El análisis semicuantitativo se basa en la siguiente fórmula: área relativa del compuesto (%) = (API/ TAP) x100, donde APi: Área de pico individual, TAP: Área de picos totales.

11. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.

Bach. Jesús Utano Reyes
Analista
LABICER – UNI

M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:
1. LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
2. LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.2 del presente documento.
3. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

Prohibida la alteración o uso indebido del presente informe. Prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de LABICER-UNI.
Av. Túpac Amaru 210, Rímac-Lima-Perú. Teléfonos: (511) 481 1070 Anexo: 5018 / (511) 382 0500. E-mail: labicer@uni.edu.pe

ANEXO

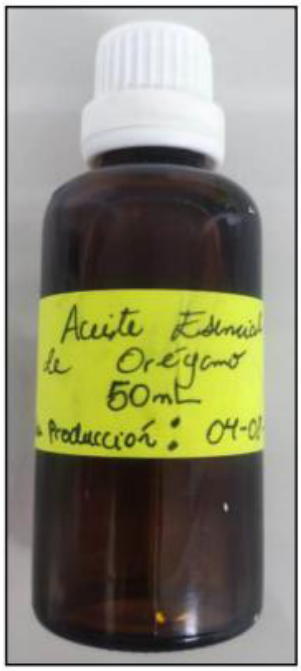


FIGURA N°1. Muestra de aceite esencial de orégano



FIGURA N°2. EQUIPO UTILIZADO Y SUS COMPONENTES
Cromatógrafo de gases. SHIMADZU, GC-2010 PLUS.
Automuestreador. SHIMADZU, AOC-6000.
Detector de espectrometría de masas. SHIMADZU, GCMS-QP210 Ultra.

Prohibida la alteración o uso indebido del presente informe. Prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de LABICER-UNI.
Av. Túpac Amaru 210, Rímac-Lima-Perú. Teléfonos: (511) 481 1070 Anexo: 5018 / (511) 382 0500. E-mail: labicer@uni.edu.pe

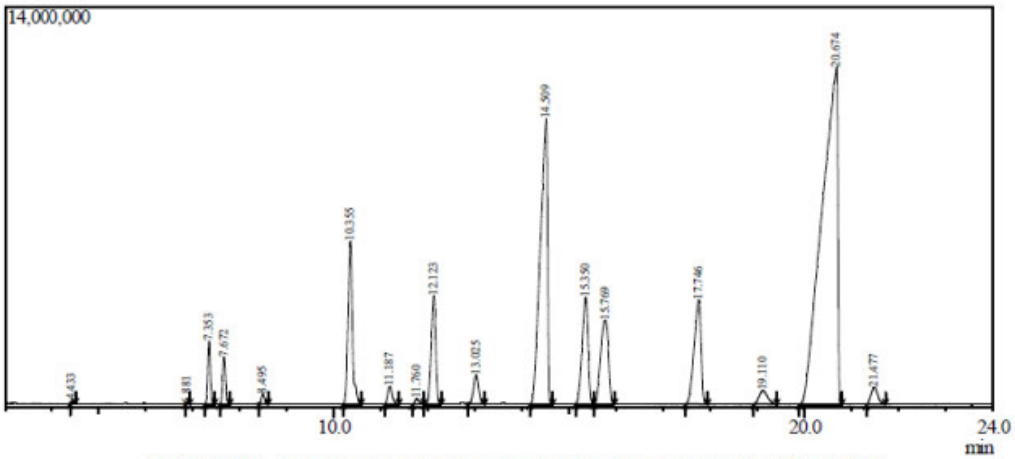


FIGURA N°3. Cromatograma de los componentes de la muestra (3 a 24 minutos)

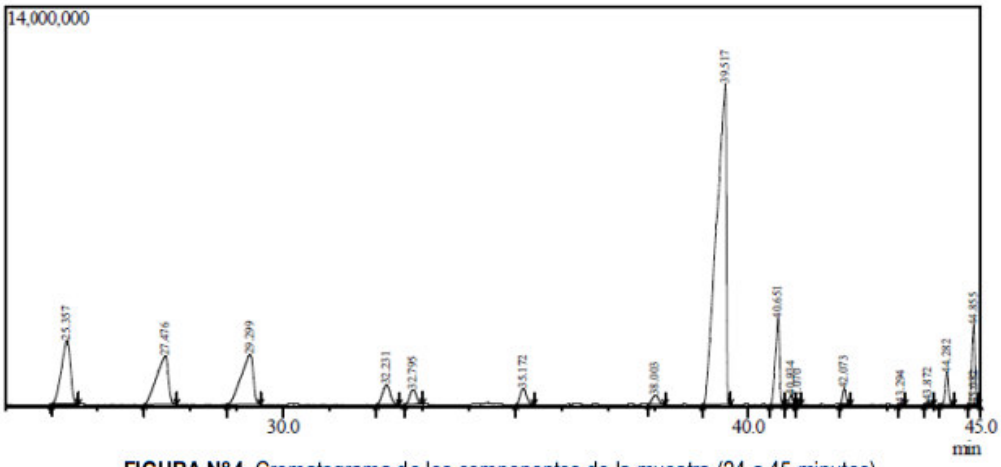


FIGURA N°4. Cromatograma de los componentes de la muestra (24 a 45 minutos)

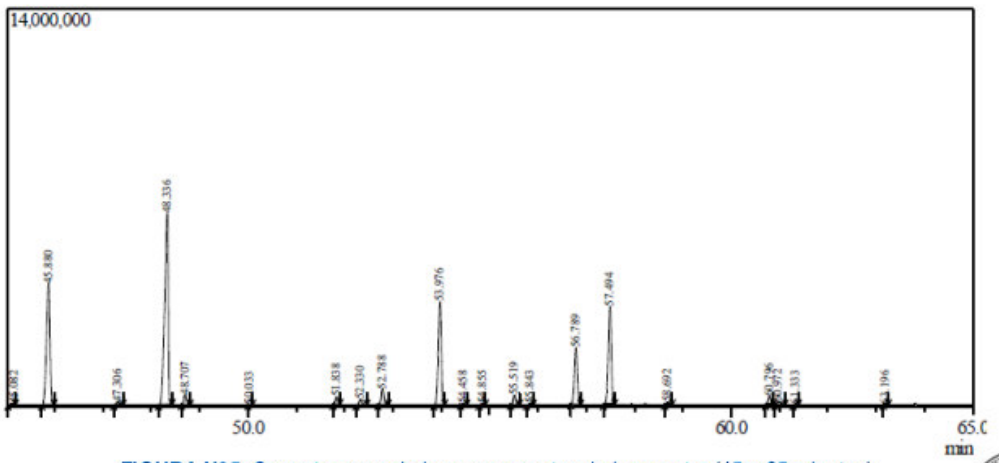


FIGURA N°5. Cromatograma de los componentes de la muestra (45 a 65 minutos)

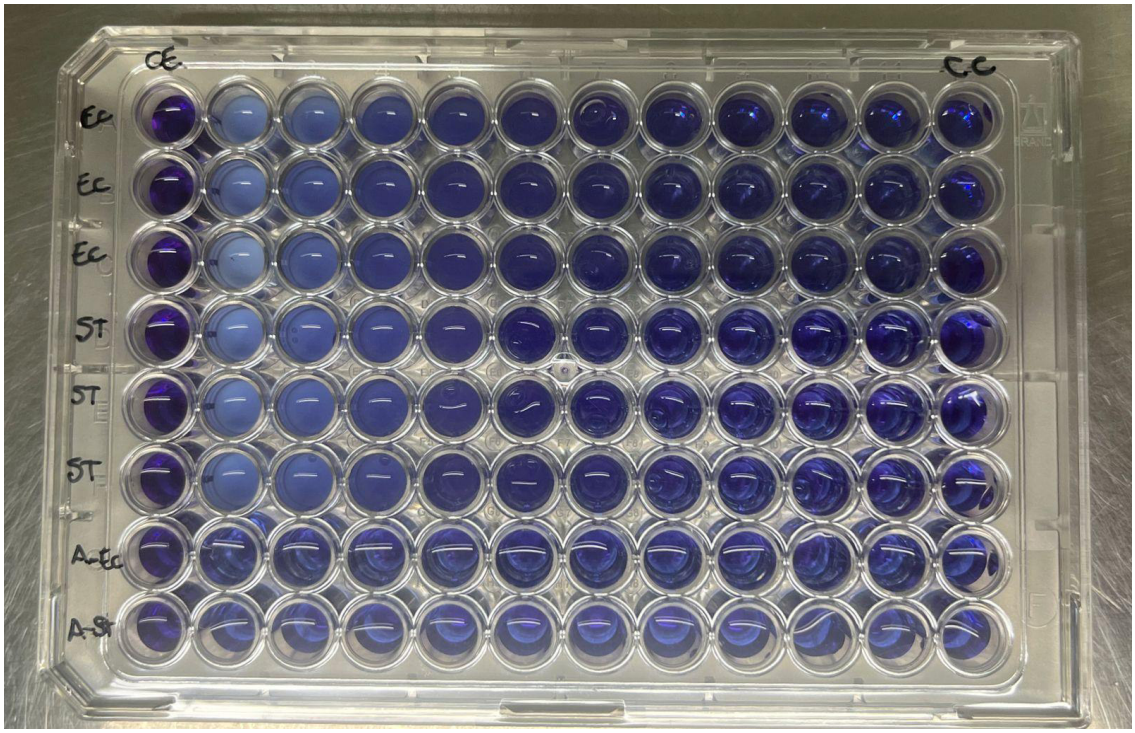
Prohibida la alteración o uso indebido del presente informe. Prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de LABICER-UNI.
Av. Túpac Amaru 210, Rímac-Lima-Perú. Teléfonos: (511) 481 1070 Anexo: 5018 / (511) 382 0500. E-mail: labicer@uni.edu.pe

TABLA N°1. Datos cromatográficos de los componentes de la muestra

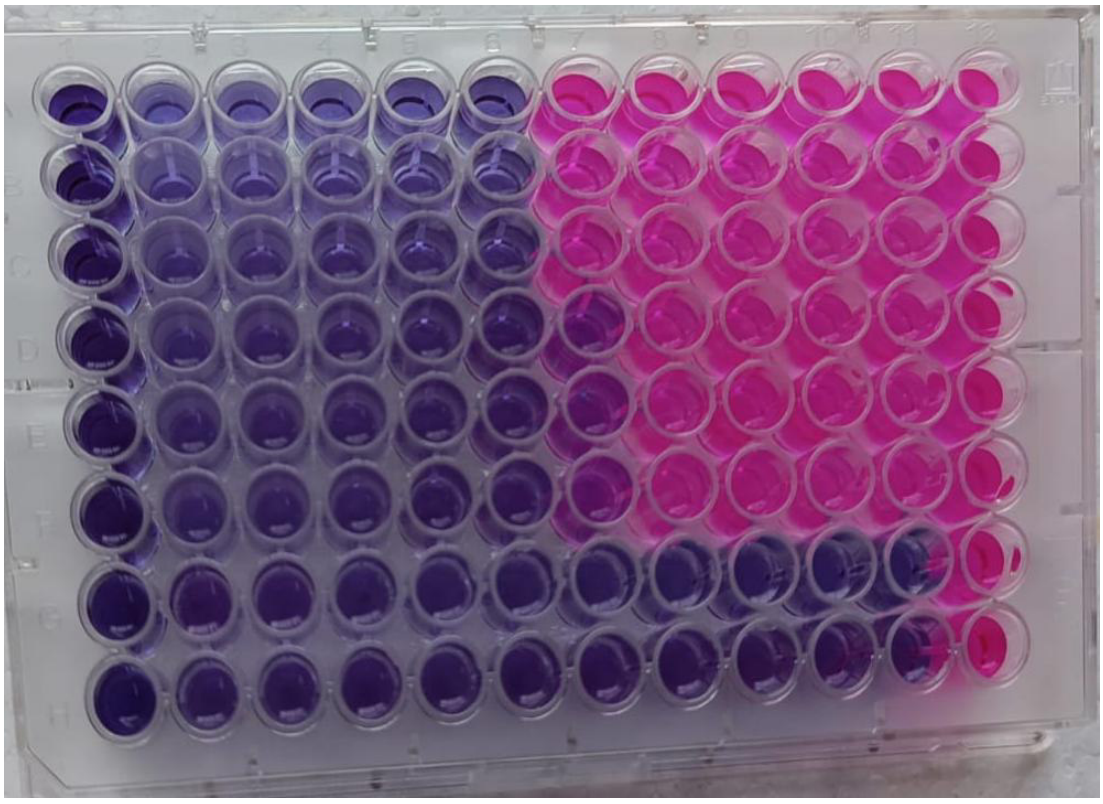
Peak#	R.Time	Area	Area%	Name
1	4.433	310756	0.03	2-Hexenal, (E)-
2	6.881	64433	0.01	5,5-Dimethyl-1-vinylbicyclo[2.1.1]hexane
3	7.353	8821567	0.87	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-
4	7.672	6878779	0.68	.alpha.-Pinene
5	8.495	1616254	0.16	Camphene
6	10.355	36496735	3.58	Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-
7	11.187	4100694	0.40	1-Octen-3-ol
8	11.760	1277203	0.13	3-Octanone
9	12.123	25108207	2.47	.beta.-Myrcene
10	13.025	7685884	0.75	.alpha.-Phellandrene
11	14.509	105641432	10.38	2-Carene
12	15.350	32420302	3.18	o-Cymene
13	15.769	33684552	3.31	Cyclohexene, 1-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-
14	17.746	37186464	3.65	trans-.beta.-Ocimene
15	19.110	5824337	0.57	1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-
16	20.674	275394049	27.05	.gamma.-Terpinene
17	21.477	5962986	0.59	Bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,2
18	25.357	30438750	2.99	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-
19	27.476	29897837	2.94	Bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,2
20	29.299	31819820	3.13	Linalool
21	32.231	8182698	0.80	4-Isopropyl-1-methylcyclohex-2-enol
22	32.795	5171429	0.51	1-Octen-1-ol, acetate
23	35.172	5505559	0.54	4-Isopropyl-1-methylcyclohex-2-enol
24	38.003	3027675	0.30	endo-Borneol
25	39.517	164938289	16.20	Terpinen-4-ol
26	40.651	19414807	1.91	.alpha.-Terpineol
27	40.934	1884578	0.19	2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, trans-
28	41.070	304552	0.03	cis-Dihydrocarvone
29	42.073	2903294	0.29	2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, trans-
30	43.294	255558	0.03	Bicyclo[3.1.1]hept-2-en-6-ol, 2,7,7-trimethyl-, acetate, [1S-(1.alph
31	43.872	711900	0.07	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)-
32	44.282	5573803	0.55	Benzene, 2-methoxy-4-methyl-1-(1-methylethyl)-
33	44.855	13568789	1.33	Benzene, 2-methoxy-1-methyl-4-(1-methylethyl)-
34	45.082	165262	0.02	2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-, trans-
35	45.880	20692577	2.03	Linalyl acetate
36	47.306	480205	0.05	Bornyl acetate
37	48.336	35605112	3.50	Thymol
38	48.707	1423394	0.14	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-
39	50.033	64612	0.01	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methylethenyl)-4-(1-methyl
40	51.838	996345	0.10	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-
41	52.330	853490	0.08	(-)-.beta.-Bourbonene
42	52.788	2260693	0.22	Geranyl acetate
43	53.976	15933811	1.56	Caryophyllene
44	54.458	134529	0.01	1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene, octahydro-7-methyl-3
45	54.855	216197	0.02	Aromandendrene
46	55.519	1381646	0.14	Humulene
47	55.843	245198	0.02	1H-Cycloprop[e]azulene, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-
48	56.789	8228853	0.81	Germacrene D
49	57.494	15033957	1.48	(1S,2E,6E,10R)-3,7,11,11-Tetramethylbicyclo[8.1.0]undeca-2,6-di
50	58.692	365762	0.04	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethy
51	60.796	1160623	0.11	1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methyle
52	60.972	641203	0.06	Caryophyllene oxide
53	61.333	112456	0.01	1H-Cycloprop[e]azulen-4-ol, decahydro-1,1,4,7-tetramethyl-, [1aR
54	63.196	104751	0.01	(-)-Spathulenol
		1018174648	100.00	

Prohibida la alteración o uso indebido del presente informe. Prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de LABICER-UNI.
Av. Túpac Amaru 210, Rímac-Lima-Perú. Teléfonos: (511) 481 1070 Anexo: 5018 / (511) 382 0500. E-mail: labicer@uni.edu.pe

ANEXO 4: CMI del AEO por microdilución

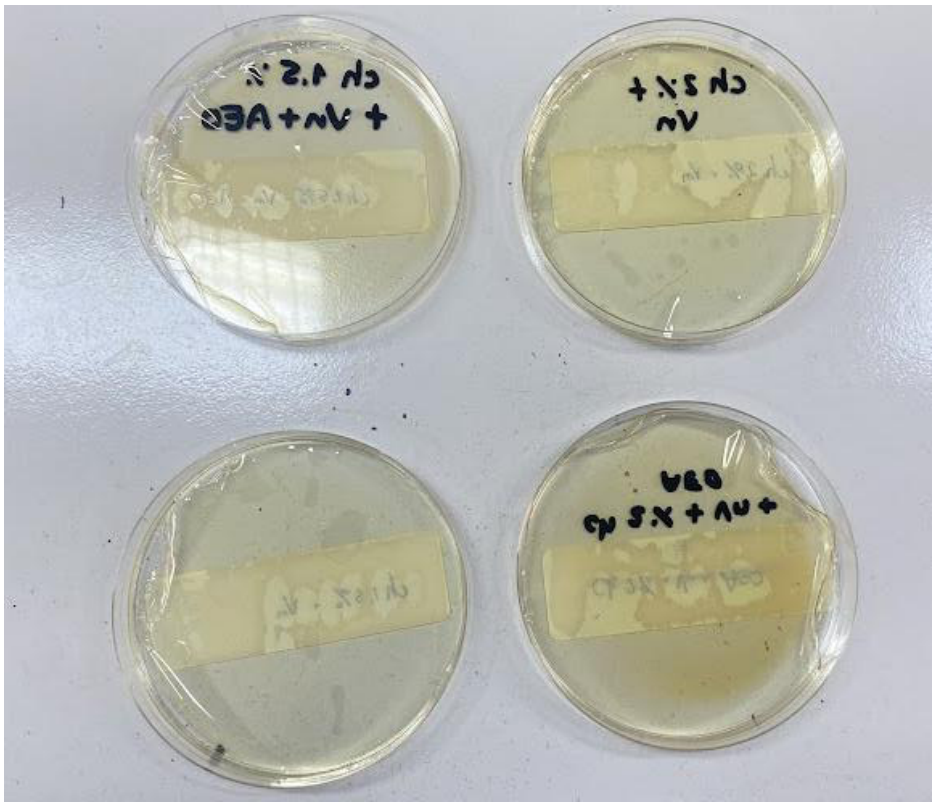


Microdilución preparada en placa de 96 de pocillos

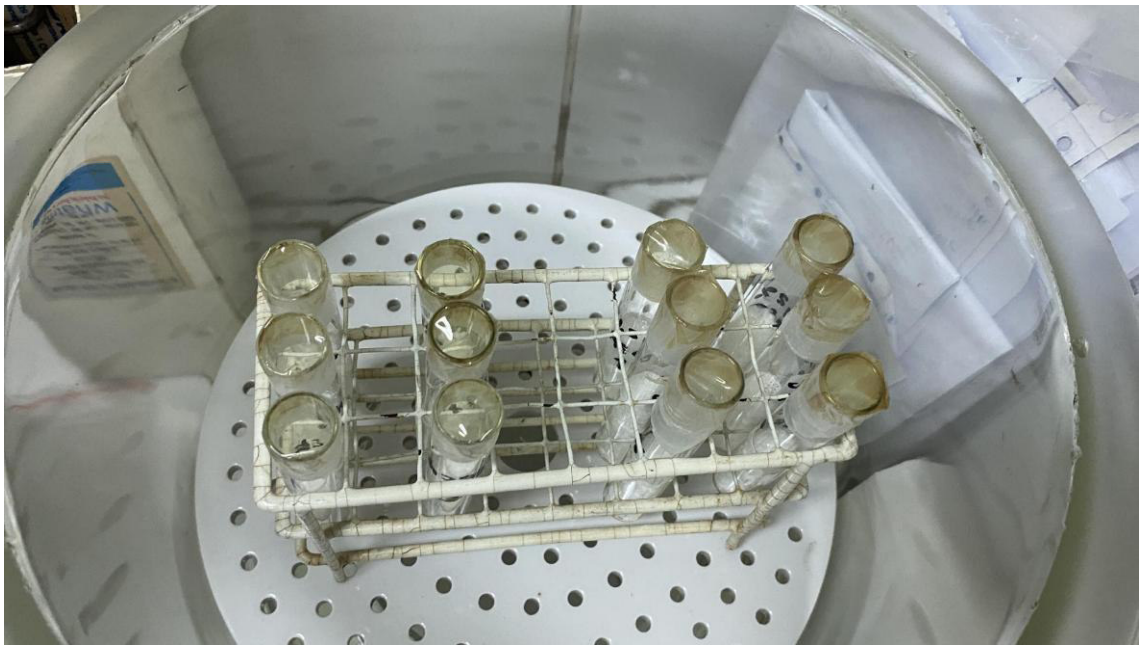


Resultados de la microdilución en placa de 96 de pocillos

ANEXO 5: Prueba de permeabilidad al vapor de agua



Recubrimientos en placa petri



Batería de tubos con $CaCl_2$ en desecador

ANEXO 6: Tomates Cherry



Tomates Cherry

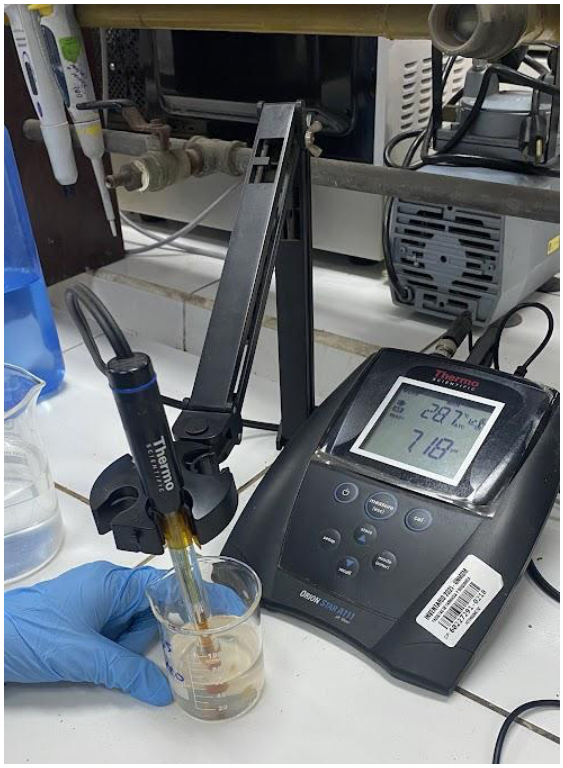


Grupos de tomate Cherry

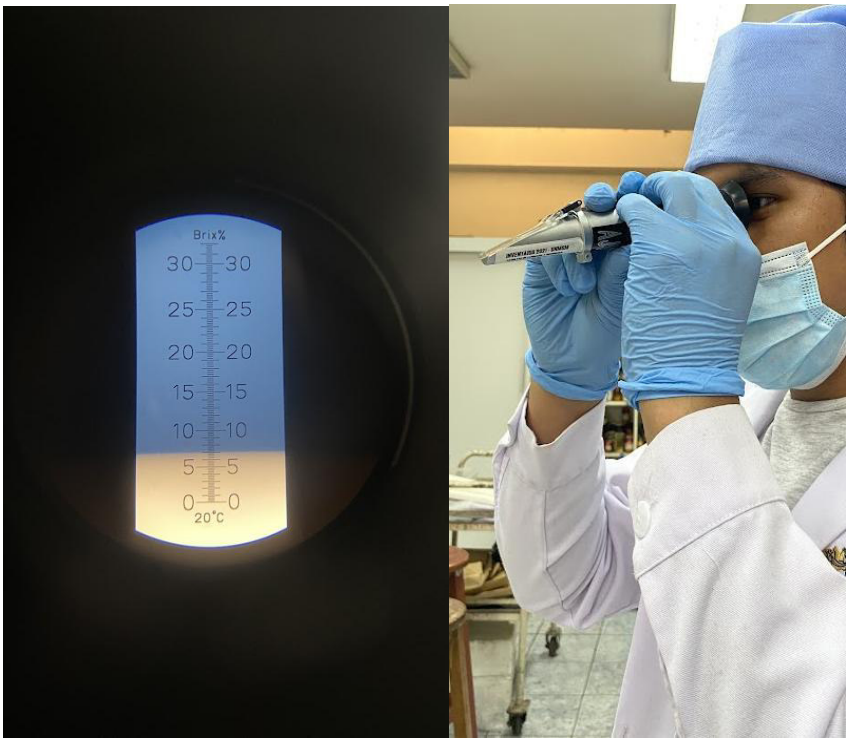
ANEXO 7: Pruebas fisicoquímicas



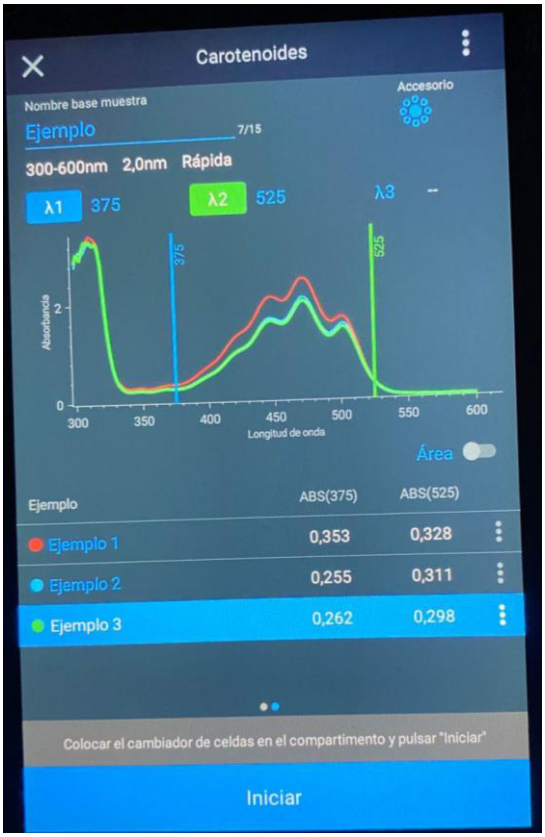
Medición de acidez titulable



Medición de pH

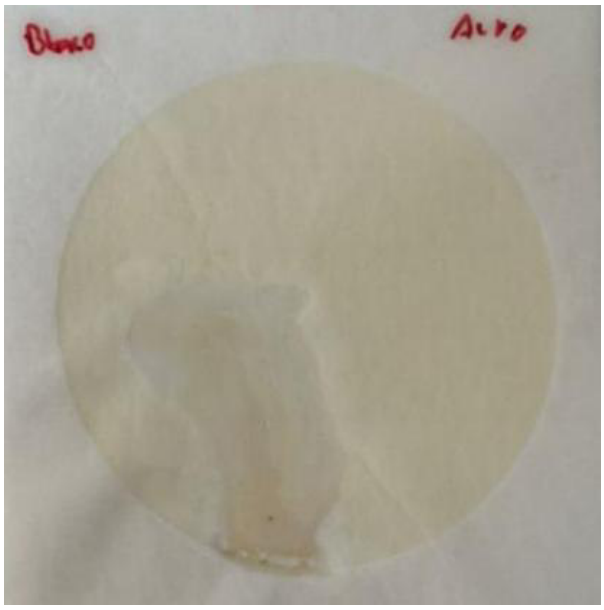


Medición de SST mediante refractómetro

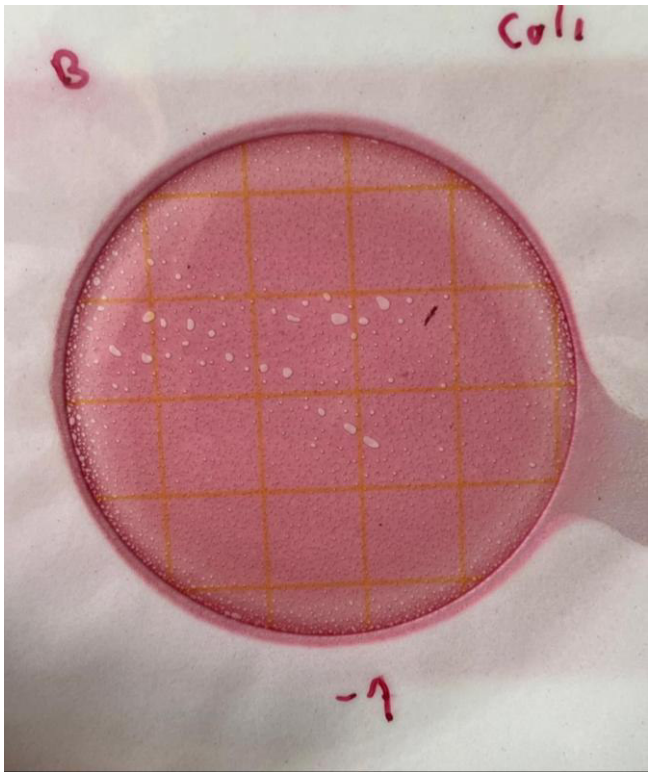


Medición de contenido de licopeno

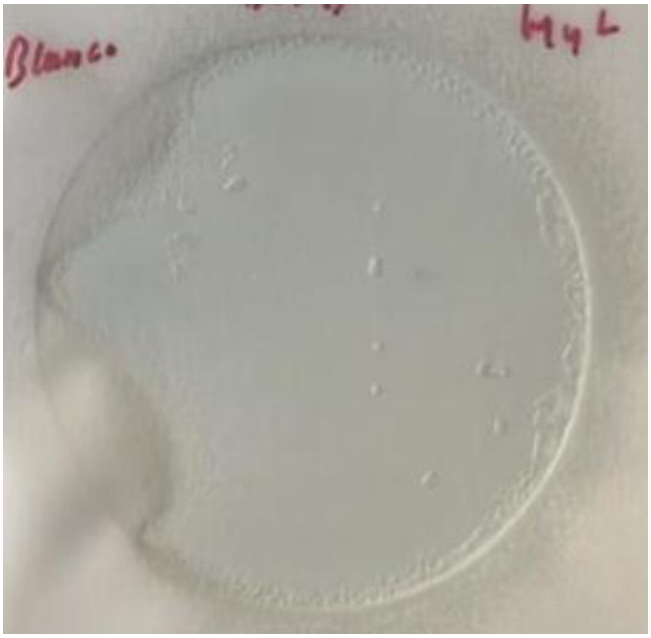
ANEXO 8: Pruebas microbiológicas



Petrifilm de aerobios



Petrifilm de aeróbicos



Petrifilm con hongos y levaduras

ANEXO 9: Prueba de normalidad

Tabla 1. Prueba de normalidad de residuales de Shapiro-Wilk

Variable	Dia	Estadístico	p-valor
Permeabilidad al vapor de agua (WVP)	-	0.874	<0.001
Pérdida de Peso	3	0.974	0.736
	6	0.973	0.715
	9	0.964	0.507
	12	0.972	0.709
	15	0.968	0.605
Sólidos Solubles Totales	0	0.951	0.537
	3	0.944	0.440
	6	0.856	0.021
	9	0.939	0.371
	12	0.887	0.060
	15	0.932	0.290
Acidez Titulable	0	0.587	<0.001
	3	0.759	0.001
	6	0.706	<0.001
	9	0.759	0.001
	12	0.737	0.001
	15	0.586	<0.001
Índice de Madurez	0	0.679	<0.001
	3	0.807	0.005
	6	0.760	0.001
	9	0.835	0.011
	12	0.813	0.005
	15	0.932	0.289
pH	0	0.967	0.818
	3	0.861	0.025
	6	0.755	0.001
	9	0.881	0.049
	12	0.927	0.248
	15	0.973	0.897
Contenido de Licopeno	0	0.971	0.873
	3	0.929	0.260
	6	0.903	0.107
	9	0.962	0.727
	12	0.956	0.621
	15	0.947	0.478
Recuento de mohos	0	-	0.396
	7	0.982	0.101
	15	0.932	0.101
Recuento de levaduras	0	0.919	-
	7	0.972	0.923
	15	0.982	0.995

ANEXO 10: Prueba de homogeneidad

Tabla 2. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene

Variable	Dia	Estadístico	p-valor
Permeabilidad al vapor de agua (WVP)	-	0.734	0.536
Pérdida de Peso	3	0.156	0.958
	6	0.116	0.975
	9	0.107	0.979
	12	0.101	0.981
	15	0.097	0.982
Sólidos Solubles Totales	0	0.200	0.933
	3	0.722	0.596
	6	0.000	1.000
	9	0.117	0.974
	12	1.538	0.264
	15	0.362	0.831
Acidez Titulable	0	1.000	0.452
	3	0.500	0.737
	6	0.250	0.903
	9	0.500	0.737
	12	0.751	0.580
	15	1.000	0.452
Índice de Madurez	0	1.054	0.428
	3	0.474	0.754
	6	0.249	0.904
	9	0.561	0.696
	12	0.827	0.538
	15	0.361	0.831
pH	0	0.333	0.849
	3	0.543	0.708
	6	1.083	0.415
	9	1.152	0.387
	12	0.839	0.531
	15	0.317	0.860
Contenido de Licopeno	0	1.150	0.388
	3	0.129	0.968
	6	1.320	0.327
	9	0.717	0.599
	12	0.370	0.825
	15	0.392	0.810
Recuento de mohos	0	-	-
	7	$> 10^{31}$	< 0.001
	15	$> 10^{27}$	< 0.001
Recuento de levaduras	0	-	-
	7	$> 10^{31}$	< 0.001
	15	$> 10^{27}$	< 0.001

ANEXO 11: Pruebas estadísticas empleadas

Tabla 3. Pruebas estadísticas empleadas.

Variable	Dia	Prueba	Prueba post hoc
Permeabilidad al vapor de agua (WVP)	-	Kruskal-Wallis	-
Pérdida de Peso	3	ANOVA	Tukey
	6	ANOVA	Tukey
	9	ANOVA	Tukey
	12	ANOVA	Tukey
	15	ANOVA	Tukey
Sólidos Solubles Totales	0	ANOVA	Tukey
	3	ANOVA	Tukey
	6	Kruskal-Wallis	Dunn
	9	ANOVA	Tukey
	12	ANOVA	Tukey
	15	ANOVA	Tukey
Acidez Titulable	0	Kruskal-Wallis	Dunn
	3	Kruskal-Wallis	-
	6	Kruskal-Wallis	-
	9	Kruskal-Wallis	-
	12	Kruskal-Wallis	-
	15	Kruskal-Wallis	-
Índice de Madurez	0	Kruskal-Wallis	Dunn
	3	Kruskal-Wallis	-
	6	Kruskal-Wallis	-
	9	Kruskal-Wallis	-
	12	Kruskal-Wallis	-
	15	ANOVA	Tukey
pH	0	ANOVA	Tukey
	3	Kruskal-Wallis	Dunn
	6	Kruskal-Wallis	Dunn
	9	ANOVA	Tukey
	12	ANOVA	Tukey
	15	ANOVA	Tukey
Contenido de Licopeno	0	ANOVA	Tukey
	3	ANOVA	Tukey
	6	ANOVA	Tukey
	9	ANOVA	Tukey
	12	ANOVA	Tukey
	15	ANOVA	Tukey
Recuento de mohos	0	-	-
	7	Kruskal-Wallis	-
	15	Kruskal-Wallis	-
Recuento de levaduras	0	Kruskal-Wallis	-
	7	Kruskal-Wallis	-
	15	Kruskal-Wallis	-