



**Evaluación del efecto funcional antimicrobiano del extracto liofilizado de canela
(*Cinnamomum zeylanicum*) como ingrediente de un recubrimiento comestible para piña
(*Ananas comosus*) mínimamente procesada**

Zapata Huebla, Tatiana Lizeth

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Mgt.

15 de agosto del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: Evaluación del efecto funcional antimicrobiano del extracto liofilizado de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) como ingrediente de un recubrimiento comestible para piña (*Ananas comosus*) mínimamente procesada fue realizado por: Zapata Huebla, Tatiana Lizeth; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de agosto del 2022



creado digitalmente por:
GABRIEL
ALEJANDRO LARREA
CEDEÑO

Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro

C. C. 1709635039

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

1 Zapata Huebla Tatiana Lizeth_tic.docx

Scanned on: 13:15 August 15, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	217
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	340
Omitted Words	842



Firmado digitalmente por:
**GABRIEL
ALEJANDRO LARREA
CEDENO**

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Mgt.

C. C. 1709635039



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Zapata Huebla, Tatiana Lizeth**, con cédula de ciudadanía No. 172550567 – 9, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de Integración curricular: **Evaluación del efecto funcional antimicrobiano del extracto liofilizado de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) como ingrediente de un recubrimiento comestible para piña (*Ananas comosus*) mínimamente procesada** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 15 de agosto del 2022

.....
Zapata Huebla, Tatiana Lizeth

C. C. 172550567 – 9



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, Zapata Huebla, Tatiana Lizeth, con cédula de ciudadanía No. 172550567 – 9, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación del efecto funcional antimicrobiano del extracto liofilizado de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) como ingrediente de un recubrimiento comestible para piña (*Ananas comosus*) minimamente procesada en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.**

Sangolquí, 15 de agosto del 2022

Zapata Huebla, Tatiana Lizeth

C. C. 172550567 – 9

Dedicatoria

A Dios, porque ha sido la guía y la fortaleza de mi vida;

A mi compañera de vida, mamá, tu apoyo desde el día uno ha sido fundamental para mí;

A mi papá, el hombre más atento y detallista, su fiel preocupación es invaluable;

A mi Charles, por estar siempre presto a colaborar y por brindarme tu apoyo desinteresado,

Los amo mucho.

Tatiana Zapata H.

Agradecimiento

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a la Facultad de Agropecuaria IASA I, que me permitieron realizar mis estudios y ser parte de esta maravillosa carrera;

A mis padres y a mi hermano por estar siempre conmigo, con un gesto o palabras de aliento que me inspiraron a seguir adelante y no rendirme;

A mis compañeros, Jefferson y Max con quienes compartí este tiempo y estuvieron prestos a ayudarme continuamente, dándome una mano en los procesos de ejecución del presente trabajo;

A cada uno de los docentes que constituyeron mi formación académica en todos los semestres de la carrera;

A mi tutor, Ingeniero Gabriel Larrea por su apoyo, su enseñanza y por siempre estar dispuesto a guiarme en todo el proceso de este trabajo de investigación, y al Ingeniero Ramiro Guerrón por su apertura y colaboración para la realización de la parte estadística del mismo.

Sin duda el camino no ha sido sencillo, pero gracias al aporte de cada uno de ustedes en mi vida, el salir adelante fue más llevadero, totalmente agradecida.

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	14
Índice de figuras.....	15
Resumen.....	16
Abstract... ..	17
Capítulo I.....	18
Introducción.....	18
Antecedentes	18
Justificación.....	19
Objetivos.. ..	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	20
Hipótesis.....	20

Variables de investigación	21
Capítulo II.....	22
Revisión de literatura	22
Canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	22
<i>Generalidades</i>	22
<i>Descripción taxonómica</i>	23
<i>Características</i>	23
<i>Actividad antimicrobiana</i>	24
<i>Actividad antimicrobiana del cinamaldehído</i>	25
<i>Aplicación en alimentos</i>	26
Liofilización	26
<i>Procedimiento</i>	26
Recubrimientos comestibles.....	27
<i>Funciones</i>	28
Componentes de recubrimientos comestibles	28
<i>Polisacáridos</i>	28
<i>Lípidos</i>	29
<i>Proteínas</i>	29
<i>Aditivos naturales</i>	30
Productos mínimamente procesados (PMP).....	30
<i>Consideraciones</i>	31

	10
<i>Contaminación microbiana</i>	32
Piña (<i>Ananas comosus</i>).....	34
<i>Generalidades</i>	34
<i>Características</i>	34
<i>Tipo de respiración</i>	37
<i>Importancia</i>	37
<i>Variedades cultivadas en Ecuador</i>	37
<i>Variedad cayena lisa</i>	38
<i>Variedad Perolera</i>	38
<i>Variedad MD-2</i>	38
<i>Áreas de producción en Ecuador</i>	38
<i>Situación actual del mercado de piña</i>	39
Piña mínimamente procesada	39
Capítulo III.....	41
Metodología	41
Zona de estudio	41
Materiales.....	41
Adquisición del material vegetal	43
Métodos.....	43
<i>Obtención del principio activo de Canela (Cinnamomum zeylanicum)</i>	43
<i>Liofilización del principio activo (P.A)</i>	44

<i>Formulación y preparación del recubrimiento comestible (RC)</i>	44
<i>Preparación de la piña mínimamente procesada</i>	45
<i>Aplicación del recubrimiento comestible</i>	46
Fase experimental.....	46
<i>Evaluación física</i>	46
Color (ΔE).....	46
Firmeza (kgF).....	47
Pérdida de peso (%).....	47
<i>Evaluación química</i>	47
pH.....	47
Sólidos solubles totales (°Brix).. ..	47
Acidez titulable (% ácido cítrico).....	47
<i>Evaluación microbiológica</i>	48
Aislamiento de microorganismos.....	48
Preparación de sensidiscos.....	48
Preparación de antibiograma.....	48
<i>Evaluación sensorial</i>	49
Preparación de las muestras.....	49
Forma de presentación	49
Evaluación.....	50
Indicaciones previas para la evaluación sensorial.....	50

	12
Ficha de cata.....	51
Diseño Experimental.....	51
<i>Tipo de diseño</i>	51
<i>Tratamientos</i>	52
<i>Croquis del diseño experimental</i>	52
Capítulo IV	53
Resultados y Discusión	53
Análisis físico.....	53
<i>Color (ΔE)</i>	53
<i>Firmeza (kgF)</i>	54
<i>Pérdida de peso PP (%)</i>	56
Análisis químico	57
<i>pH</i>	57
<i>Sólidos solubles totales ($^{\circ}$Brix)</i>	59
<i>Acidez titulable (% ácido cítrico)</i>	60
Análisis microbiológico.....	62
Análisis sensorial	65
Capítulo V	68
Conclusiones y Recomendaciones	68
Conclusiones.....	68
Recomendaciones	69

Bibliografia	70
--------------------	----

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Compuestos químicos presentes en el árbol de Canela.....</i>	24
Tabla 2	<i>Materiales, equipos e insumos para el trabajo de investigación.....</i>	42
Tabla 3	<i>Componentes y cantidades para los recubrimientos comestibles.....</i>	45
Tabla 4	<i>Codificación de tratamientos para análisis sensorial</i>	50
Tabla 5	<i>Tratamientos del trabajo de investigación</i>	52
Tabla 6	<i>Resultados Test de Tukey para variable color (ΔE) entre tratamientos y días</i>	53
Tabla 7	<i>Resultados Test de Tukey para variable Firmeza (kgF) entre tratamientos y días.....</i>	55
Tabla 8	<i>Resultados Test de Tukey para variable PP (%) entre tratamientos y días</i>	56
Tabla 9	<i>Resultados Test de Tukey para variable pH entre tratamientos y días.....</i>	58
Tabla 10	<i>Resultados Test de Tukey para variable Sólidos Solubles Totales ($^{\circ}$Brix) entre tratamientos y días.....</i>	59
Tabla 11	<i>Resultados Test de Tukey para variable Acidez titulable (% Ácido cítrico) entre tratamientos y días.....</i>	61
Tabla 12	<i>Medias de resultados de fichas hedónicas.....</i>	66

Índice de figuras

Figura 1	<i>Diagrama de flujo de productos mínimamente procesados.....</i>	31
Figura 2	<i>Células de frutas y hortalizas mínimamente procesadas... ..</i>	33
Figura 3	<i>Partes de la planta de piña.....</i>	35
Figura 4	<i>Vista de las brácteas del fruto de piña.....</i>	36
Figura 5	<i>Estados de madurez de la piña (Ananas comosus)... ..</i>	40
Figura 6	<i>Vista satelital del campus de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I.....</i>	41
Figura 7	<i>Esquema de parcelas divididas del trabajo de investigación... ..</i>	52
Figura 8	<i>Representación de los resultados para variable Color (ΔE).....</i>	54
Figura 9	<i>Representación de los resultados para variable Firmeza (kgF)... ..</i>	55
Figura 10	<i>Representación de los resultados para variable Pérdida de peso (%).. ..</i>	57
Figura 11	<i>Representación de los resultados para variable pH.....</i>	58
Figura 12	<i>Representación de los resultados para variable Sólidos solubles totales ($^{\circ}$Brix).....</i>	60
Figura 13	<i>Representación de los resultados para variable Acidez titulable (%Ácido cítrico)...</i>	62
Figura 14	<i>Antibiogramas preparados del recubrimiento comestible.. ..</i>	63
Figura 15	<i>Resultados de antibiograma, Repetición 1.....</i>	64
Figura 16	<i>Muestra de piña con contaminación microbiana.. ..</i>	65
Figura 17	<i>Gráfico de barras de la Aceptabilidad de los tratamientos respecto a atributos evaluados.. ..</i>	67

Resumen

Se desarrolló este estudio para determinar el efecto antimicrobiano de tres diferentes dosis del principio activo de canela (cinamaldehído) obtenido mediante arrastre por vapor y posteriormente liofilizado, adicionado en un recubrimiento comestible sobre piña mínimamente procesada, misma que se mantuvo bajo frigoconservación a 7 °C durante 12 días realizando evaluaciones de parámetros físicos (%pérdida de peso, color, firmeza) y químicos (pH, acidez titulable expresada en ácido cítrico sólidos solubles totales expresados en °Brix) cada 3 días frente a un control, con tres repeticiones bajo un DCA con diseño de parcelas divididas. Los resultados obtenidos indicaron que los recubrimientos comestibles influyen en los parámetros físicos como firmeza donde al tercer día de evaluación los resultados no han diferido mucho del día inicial al igual que variación de color y pérdida de peso; con respecto a los parámetros químicos se determinó también que a medida que el porcentaje de acidez disminuye, el valor de pH aumenta siendo inversamente proporcionales. Al término de ésta evaluación se realizó la evaluación microbiológica mediante antibiograma bajo un DCA con 4 repeticiones donde se encontró que la propiedad antimicrobiana del cinamaldehído a las dosis utilizadas no influyó en la proliferación bacteriana, pues no existieron diferencias entre los tratamientos y la muestra control. Finalmente se realizó una evaluación sensorial mediante una cata con 10 panelistas no entrenados mediante una prueba de tipo hedónica donde se evaluaron parámetros de aceptabilidad (olor, color, sabor, textura y apariencia) del producto al día donde se registraron mejores resultados en los parámetros físico – químicos, es decir al día 3, de ello los resultados obtenidos indicaron que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que para aceptabilidad se puntuó con una calificación mayor o igual a 4 siendo los tratamientos control y el tratamiento 3 los mejor puntuados.

Palabras clave: Recubrimientos comestibles, canela, cinamaldehído, piña mínimamente procesada

Abstract

The present investigation was developed to determine the antimicrobial effect of three different doses of the active ingredient of cinnamon (cinnamaldehyde) obtained by steam dragging and subsequently lyophilized, added in an edible coating on minimally processed pineapple, which was kept under cold storage at 7 ° C for 12 days, evaluating physical parameters (% weight loss, color, firmness) and chemicals (pH, titratable acidity expressed in citric acid, total soluble solids expressed in °Brix) every 3 days against a control, with three repetitions under a DCA with split-plot design. The results obtained indicated that the edible coatings influence physical parameters such as firmness where on the third day of evaluation the results have not differed much from the initial day as well as color and weight; Regarding the chemical parameters, it was also determined that as the percentage of acidity decreases, the pH value increases, being inversely proportional. At the end of this evaluation, the microbiological evaluation was carried out by means of an antibiogram under a DCA with 4 repetitions, where it was found that the antimicrobial property of cinnamaldehyde at the doses used did not influence bacterial proliferation, since there were no differences between the treatments and the control sample. Finally, a sensory evaluation was carried out through a tasting with 10 untrained panelists through a hedonic type test where acceptability parameters (odor, color, flavor, texture and appearance) of the product were evaluated per day where better results were recorded in physical parameters. – chemicals, that is, on day 3, from which the results obtained indicated that there were no significant differences between the treatments, so that acceptability was scored with a score greater than or equal to 4, with the control treatments and treatment 3 being the best scored.

Keywords: Edible coatings, cinnamon, cinnamaldehyde, minimally processed pineapple

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El procesamiento mínimo de frutas y verduras inició como una técnica de aprovechamiento de productos de bajo grado o de segundas cosechas, pero poco tiempo después se vio que se necesitaban frutas y hortalizas de buena calidad debido al aumento de la degradabilidad en la preparación de los mismos (Villanueva, 2018).

La piña mínimamente procesada tiene una vida útil corta, pues dura alrededor de 5 a 7 días almacenada a temperaturas entre 1 y 7°C, esto se debe principalmente a procesos propios de degradación fisiológicos y microbianos como señala (Dussán-Sarria et al., 2020).

Se han realizado muchas pruebas para aumentar la vida útil de la piña mínimamente procesada, pues es una fruta apetecible tanto por su sabor y aroma, y para los consumidores representa una gran ventaja al estar procesada pues está lista para su consumo.

Los recubrimientos también son utilizados para adicionar algún aditivo a los alimentos y conferirle propiedades antioxidantes o antimicrobianas, pero siempre considerando que sean seguros para el consumidor y también para el mejoramiento de la calidad sensorial del producto. Entre los aditivos con propiedades antimicrobianas se suele utilizar generalmente los extractos de plantas como orégano, tomillo, clavo de olor, canela, siendo éste último el más conocido empíricamente. Como menciona (Vasconcelos et al., 2018) los extractos de canela, aceites esenciales y sus compuestos inhiben las bacterias al dañar la membrana celular, alterar el perfil lipídico, inhibir ATPasas, división celular, porinas de la membrana, entre otras acciones. Su principio activo principal es el cinamaldehído, un compuesto terpenoide fenólico extraído de la corteza de la canela, sin embargo los estudios realizados sobre su mecanismo de acción son poco concluyentes, lo que limita su desarrollo y su utilización como conservante en

alimentos, ya que no existe la suficiente información para predecir su efecto sobre los microorganismos y sobre cómo actúa en los recubrimientos (Casado, 2016).

Justificación

Las frutas y verduras mínimamente procesadas en los últimos años se han convertido en uno de los mercados con mayor territorio dentro de la industria alimentaria, pues hoy en día las personas son más conscientes de que para gozar de una buena salud es importante llevar una dieta sana y balanceada, por lo que su enfoque es buscar alimentos frescos, naturales, con una buena calidad nutricional y listos para su consumo.

Como se ha mencionado, estos productos atraviesan varias operaciones para llegar a ser comercializados, pero por más que sea ínfimo el proceso llevado a cabo, inevitablemente se afecta la calidad y microbiota de los mismos, pues con los primeros procesos de lavado y desinfección previos a su preparación, no se garantiza que el producto esté cien por ciento libre de microorganismos, y por otra parte, con los procesos posteriores de pelado y corte los productos son aún más susceptibles a contaminaciones microbianas, ya que al eliminar su capa epidérmica protectora existe acumulación de humedad superficial, aumenta la exposición hacia contaminantes y se altera sus procesos metabólicos así como su tasa de respiración normal (Villanueva, 2018).

La piña (*Ananas comosus*) es una de las frutas tropicales preferidas por su agradable sabor, jugosidad, fuente de antioxidantes, aporte de vitaminas y minerales, así como por su exótico aroma, sin embargo, su vida útil es corta aún en refrigeración debido a que con los procesos de corte y troceado la superficie de su tejido queda expuesta totalmente perdiendo así su calidad.

Bajo este concepto, es necesario incorporar el uso de tecnologías de barrera naturales como recubrimientos comestibles enriquecidos con aditivos orgánicos como el principio activo de canela (cinamaldehído) para que le confiera a la piña mínimamente procesada propiedades

que, por el lado del recubrimiento comestible le permitan retrasar los cambios fisiológicos inherentes de coloración, firmeza, acidez, peso, y por el lado del principio activo de canela inhibir la contaminación microbiana pues como señala el control de calidad microbiano es un factor fundamental para garantizar la seguridad y calidad de los productos alimenticios en las cadenas de suministro modernas (Adiani et al., 2020).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto funcional antimicrobiano del extracto liofilizado de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) como ingrediente de un recubrimiento comestible para piña (*Ananas comosus*) mínimamente procesada.

Objetivos Específicos

- Desarrollar el método de extracción y liofilización para la obtención del principio activo de la canela (cinamaldehído) a pequeña escala.
- Estudiar el efecto de los recubrimientos comestibles con tres dosis del liofilizado del principio activo de canela adicionados al recubrimiento comestible para piña mínimamente procesada bajo frigoconservación (7°C) en parámetros físico - químicos a los 0, 3, 6, 9 y 12 días y sensoriales al mejor día de respuesta.
- Evaluar el parámetro microbiológico para el efecto antimicrobiano de los recubrimientos comestibles con el principio activo liofilizado mediante un antibiograma y el parámetro sensorial mediante una cata.

Hipótesis

- Hipótesis nula (H0): El principio activo de canela (cinamaldehído) incorporado en el recubrimiento comestible (RC) no influye en la actividad microbiana sobre piña mínimamente procesada.

- Hipótesis alternativa (H1): El principio activo de canela (cinamaldehído) incorporado en el recubrimiento comestible (RC) influye en la actividad microbiana sobre piña mínimamente procesada.

Variables de investigación

- Variable dependiente: Función antimicrobiana
- Variables independientes: Principio activo a diferentes dosis de concentración
- Variables cuantitativas: Porcentaje de pérdida de peso, firmeza, contenido de sólidos solubles totales expresados en °Brix, pH, acidez titulable expresada en porcentaje de ácido cítrico.
- Variables cualitativas: diferencia de color

Capítulo II

Revisión de literatura

Canela (*Cinnamomum zeylanicum*)

Generalidades

Perteneciente a la familia Laureáceas, originaria de Ceilán ahora llamado Sri Lanka, (que significa Venerable Tierra) país ubicado en el sur de Asia, líder mundial en su producción. Ésta especie también es cultivada en Brasil, India, Indonesia e islas del Océano Pacífico; generalmente habita en lugares cálidos donde no se presenten fuertes inviernos y está asociada a la selva tropical. Corresponde a un árbol o arbusto pequeño que puede alcanzar alturas de 10 a 12 metros (Liberal, 2016).

La corteza de canela ha tenido diversos usos; tanto en rama como molida, desde la cocina como especia y saborizante, hasta la medicina tradicional y moderna pero principalmente es utilizada en las industrias de aromas y esencias por su particular fragancia debido a su aplicación en productos alimenticios, perfumes y medicinas (Rao & Gan, 2014).

Como señala (Liberal, 2016) la canela de buena calidad es la segunda corteza del árbol que se enrolla a mano, prensando juntos sus bordes, dando ese aspecto de una caña pequeña, y esto se realiza todos los días hasta que esté bien seca, presentando un color más oscuro y de aspecto quebradizo, es por esa razón que su precio suele ser elevado pues su procesamiento requiere tiempo. Es importante mencionar que se recogen dos o tres ramas de cada árbol para que así surjan nuevos retoños y se pueda seguir cosechando del mismo. La calidad aumenta tras realizar podas consecutivas y la corteza más fina proviene de los brotes más delgados, que corresponden a la parte central del árbol.

Descripción taxonómica

(Aizaga, 2017) como se citó en (Lagos, 2018) la descripción taxonómica es la siguiente:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Laurale
- Familia: Lauraceae
- Género: *Cinnamomum*
- Epíteto específico: *Zeylanicum*
- Nombre científico: *Cinnamomum zeylanicum*
- Nombres vulgares: Canelle, canela, canelo

Características

Posee hojas brillantes, opuestas, simples, aromáticas, largas y pueden llegar a medir hasta 20 centímetros, sus flores son hermafroditas, de olor dulce y color blanco o rojo, y se encuentran agrupadas a manera de racimo, y sus frutos son bayas de color azul oscuro llegando a negro, de sabor picante, y en su interior se pueden encontrar de una a dos semillas (Lagos, 2018).

La planta de canela es rica en compuestos resinosos en toda su estructura como el cinamaldehído, cinamato, ácido cinámico, y varios aceites esenciales como el trans – cinamaldehído, acetato de cinamilo, eugenol, L-borneol, entre otros, tanto en hojas, corteza, raíces, brotes y flores como se puede observar en la figura 1, de los cuales dos son los principales: el cinamaldehído y el trans – cinamaldehído, pues son los que le brindan su olor y sabor picante característico, debido a la absorción de oxígeno, además de otras actividades

biológicas importantes como propiedades antimicrobianas, antifúngicas, antioxidantes y antidiabéticas (Rao & Gan, 2014).

Tabla 1

Compuestos químicos presentes en el árbol de Canela

Part of the plant	Compound
Leaves	Cinnamaldehyde: 1.00 to 5.00% Eugenol: 70.00 to 95.00%
Bark	Cinnamaldehyde: 65.00 to 80.00% Eugenol: 5.00 to 10.00%
Root bark	Camphor: 60.00%
Fruit	<i>Trans</i> -Cinnamyl acetate (42.00 to 54.00%) and caryphyllene (9.00 to 14.00%)
<i>C. zeylanicum</i> buds	Terpene hydrocarbons: 78.00% <i>alpha</i> -Bergamotene: 27.38% <i>alpha</i> -Copaene: 23.05% Oxygenated terpenoids: 9.00%
<i>C. zeylanicum</i> flowers	(E)-Cinnamyl acetate: 41.98% <i>Trans-alpha</i> -Bergamotene: 7.97% Caryophyllene oxide: 7.20%

Nota. Compuestos en las partes de la planta de canela. Tomado de (Rao & Gan, 2014)

Actividad antimicrobiana

Son diversos los estudios en donde la canela como tal, y los aceites esenciales derivados de ella presentan actividades contra microorganismos, entre ellos bacterias, hongos, y levaduras, siendo más potente en comparación con aceites de otras plantas.

Según menciona (Rao & Gan, 2014) se han encontrado estudios en donde varios autores han descrito la actividad antimicrobiana de los aceites de canela contra bacterias gram positivas (*Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*) también gram negativas (*Salmonella choleraesuis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*) en hongos (*Aspergillus flavus*, *Mucor plumbeus*, *Eurotium sp.*) y levaduras

(*Torulopsis utilis*, *Candida albicans*, *Candida lipolytica*, *Debattyomyces hansenii*), de manera que se puede evidenciar que la canela es un agente de amplio espectro (Rao & Gan, 2014).

(Barrientos, 2017) señala que el efecto antimicrobiano puede tener una duración de hasta 24 horas después de la exposición, teniendo mejores resultados sobre levaduras más que sobre bacterias, pero no deja de ser una buena opción en comparación con otros aceites.

Actividad antimicrobiana del cinamaldehído

Es el compuesto terpenoide que más se encuentra en la corteza de la canela, aparte de aceites esenciales, mucílagos, taninos y azúcares. Esta sustancia está categorizada como GRAS (Generalmente Reconocida como Segura) por la FDA de los Estados Unidos y presenta muchos beneficios mencionados anteriormente, pero presenta una alta volatilidad, sin embargo no deja de llamar la atención para las industrias (Casado, 2016).

Su actividad antimicrobiana se debe a la acción de los grupos aldehído de la molécula, actuando sobre la membrana celular desencadenando así su disrupción, mediante el aumento de la permeabilidad de la membrana en iones pequeños, afectando la estabilidad de la misma y desestabilizando el empaquetamiento de la bicapa, ocasionando la muerte celular.

Su actividad antimicrobiana se debe principalmente a los grupos aldehído de la molécula, que son reactivos y pueden entrecruzarse de manera covalente con el ADN de las proteínas mediante los grupos amino, interfiriendo así en la función normal de los microorganismos, no obstante, este mecanismo no es tan convincente para las agroempresas debido a escasos estudios sobre su efecto en los diferentes microorganismos y de su interacción con los diferentes componentes en cada matriz alimentaria, de manera que su uso aún es limitado (Casado, 2016).

Algunos autores sostienen tres posibles mecanismos de acción: a pequeñas concentraciones este compuesto puede inhibir algunas enzimas que intervienen en la

citocinesis o en otras funciones de la célula no tan importantes, a altas concentraciones puede actuar inhibiendo la ATPasa ya que se ha visto que altas concentraciones de cinamaldehído causan perturbaciones en la membrana citoplasmática de las células, y finalmente que la interacción de las membranas de las bacterias con este compuesto causen a menudo cambios en la estructura y función de la membrana (Casado, 2016).

Aplicación en alimentos

Para su adición en alimentos se requiere tener un conocimiento sólido sobre la concentración mínima inhibitoria para los microorganismos y también conocer sobre qué microorganismos se va a trabajar tomando en cuenta su sensibilidad (Casado, 2016).

Liofilización

Es una técnica de conservación cuyo resultado son productos secos que deben ser rehidratados con agua caliente durante aproximadamente cinco minutos para consumir, pero que conservan todas sus propiedades y características organolépticas como aroma y sabor. Además, ayuda a detener el crecimiento de microorganismos presentes en los alimentos. Ofrece una gran ventaja en la industria alimentaria, pues es utilizada para ciertas frutas, café, comida, o sopas instantáneas, y, al igual que la deshidratación, consiste en eliminar el exceso de agua de determinado alimento pero en este caso se realiza mediante la congelación, consiguiendo así que disminuya alrededor del 20% el peso del alimento, lo que es una gran ventaja también, pues facilita al consumidor su traslado de un lugar a otro (Chavarrías, 2010).

Procedimiento

(Chavarrías, 2010) describe que como primer paso se debe congelar el producto a bajas temperaturas para evitar que se formen cristales de hielo de gran tamaño, luego se pasa a una fase de proceso de vacío para que el agua presente se evapore, pero sin pasar a estado líquido (sublimación), después se aplica calor al producto congelado y se condensa para

convertirlo de nuevo en estado sólido. Este proceso de sublimación descrito, permite que el producto mantenga sus propiedades de olor y color, pero ya en estado seco.

Los productos resultantes del proceso de liofilización tienen un tiempo de vida útil mucho mayor y ya no requieren refrigeración a posterior.

Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles surgen como una alternativa amigable para proteger a los productos hortofrutícolas de diversos factores; es una matriz continua que está realizada a base de algún polisacárido, proteína, lípidos y aditivos naturales, de manera que actúa también como una barrera bioactiva pues mediante la adición de algunos extractos vegetales, pueden presentar funciones antimicrobianas o antioxidantes, e incluso mejorando el aspecto físico de los mismos (Solano et al., 2018).

De tal manera, los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada que puede inducir a algunos cambios en productos frescos o mínimamente procesados en parámetros físicos, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de anaerobiosis (Quintero et al., 2010)

(Quintero et al., 2010) mencionan que el uso de estos recubrimientos en productos altamente perecederos, se basa en algunas características como costo, disponibilidad, propiedades mecánicas (flexibilidad) propiedades ópticas (brillo y opacidad), efecto barrera frente a flujo de gases, permeabilidad al agua, resistencia a microorganismos y su aceptabilidad sensorial.

No se debe confundir recubrimiento comestible con película comestible, pues éste último corresponde a una capa delgada que puede ser con los mismos componentes del recubrimiento, pero se diferencia por ser colocada sobre alguna superficie para su futuro uso, por el contrario, el recubrimiento se aplica directamente en la superficie del alimento mediante

la técnica que más convenga, que puede ser por inmersión o aspersion, formándose el recubrimiento sobre el producto.

Funciones

La principal función de los recubrimientos comestibles es actuar como barrera contra el intercambio de gases entre el producto y el exterior, proceso que influye en su estabilidad física, química y microbiológica, por ejemplo, evitando pérdida o ganancia de humedad, y por consecuencia el cambio de su textura; también pueden influir en el retardo de cambios en color, olor, sabor, y además reducir los daños mecánicos causados por manipulación (Solano et al., 2018).

Componentes de recubrimientos comestibles

Para la formación de la matriz estructural de los recubrimientos comestibles se utilizan componentes de alta masa molar y sobre ella se pueden agregar otros que mejoren sus características, y como su objetivo principal es de dar protección a un determinado producto alimenticio, debe contener componentes de buena calidad e inocuos (Solano et al., 2018), entre ellos se puede mencionar:

Polisacáridos

La mayor parte de los polisacáridos utilizados en esta industria son de origen marino, vegetal e incluso proveniente de microorganismos; y entre ellos los más disponibles para la fabricación de recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas son los almidones, la celulosa y el quitosano. La función principal de ellos es de otorgar flexibilidad, resistencia y transparencia al recubrimiento (De Ancos et al., 2015). El almidón es el polisacárido más utilizado debido a su disponibilidad, docilidad y bajo costo. Este componente puede ser transformado en un material termoplástico mediante el uso de sustancias plastificantes como glicerol y sorbitol que mejoran la resistencia al agua y las características de barrera, además de aportar brillo y uniformidad.

Así mismo, existen varios tipos de almidón como el de yuca, maíz, papa, siendo los dos últimos los que forman recubrimientos más estables ya que contienen alto porcentaje de amilosa, por otra parte el almidón de yuca forma recubrimientos muy flexibles y tiene baja permeabilidad al agua (De Ancos et al., 2015).

Por otra parte, el quitosano proviene de la desacetilación de la quitina, componente principal del exoesqueleto de los crustáceos, posee un alto peso molecular lo que beneficia en la formación de los recubrimientos, tiene alta actividad antimicrobiana, antifúngica, antioxidante y además una permeabilidad selectiva a los gases propios de la respiración pero posee una alta permeabilidad al agua, por lo que para mitigar este aspecto se combina con lípidos como el ácido oleico (De Ancos et al., 2015).

También se ha evidenciado que se pueden combinar polisacáridos para mejorar las propiedades físicas, aumentar propiedades antimicrobianas y reducir transferencia de gases, entre estas combinaciones puede ser quitosano con almidones o gelatinas, o con celulosas y alginatos (De Ancos et al., 2015).

Lípidos

Son adicionados a los recubrimientos comestibles como barrera para controlar la humedad, la deshidratación y depende del tipo de lípido, para mejorar aspecto y sabor, generalmente se utilizan ácidos grasos (aceites de girasol, de soya, de oliva), ceras (de abeja, de carnauba), y monoglicéridos como el glicerol (De Ancos et al., 2015).

Proteínas

Se puede utilizar proteínas de origen animal (gelatinas) o vegetal (de soya o de maíz). Se caracterizan por actuar de mejor manera ante el oxígeno y CO₂ propios de la respiración celular, pero deben ser combinados con lípidos para mejorar su barrera contra el agua. Por ejemplo como menciona (De Ancos et al., 2015) en vegetales frescos cortados no es frecuente

el uso de películas de gelatina pero sí se han utilizado recubrimientos y películas a base de caseinato de calcio y proteínas de suero de leche combinados con algún polisacárido.

Cuando se está elaborando los recubrimientos es importante considerar constantemente la temperatura y el pH, pues se puede desnaturalizar la proteína y así cambiarían sus propiedades (Solano et al., 2018).

Aditivos naturales

Son componentes añadidos a los alimentos o productos vegetales para mantener su textura, otorgar propiedades antimicrobianas, antioxidantes, o aumentar su valor nutricional. Entre los aditivos con propiedades antimicrobianas se encuentran enzimas como la lactoperoxidasa, lisozimas como la clara de huevo, bacterias lácticas, ácidos orgánicos como el cítrico, ascórbico, oxálico, compuestos fenólicos de plantas y especias, de donde se puede mencionar a los aceites esenciales de plantas como romero, tomillo, orégano, limón, y de especias como la canela, el clavo de olor, la vainilla, así como sus principios activos. No obstante, también se han realizado trabajos utilizando extractos fenólicos de otros vegetales como el ajo, la cebolla, y la aceituna (De Ancos et al., 2015).

Los aditivos añadidos con propiedades antioxidantes son el ácido ascórbico o derivados nitrogenados como la cisteína y N-acetilcisteína, y finalmente para mejorar la textura se utiliza sales de calcio (De Ancos et al., 2015).

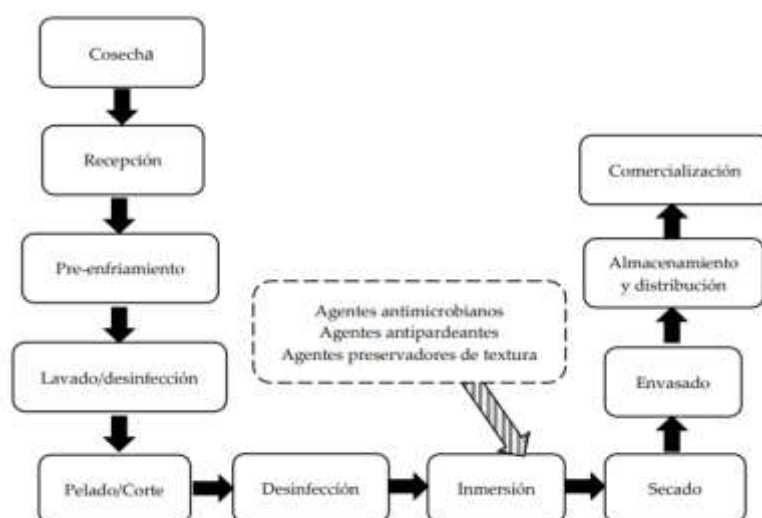
Productos mínimamente procesados (PMP)

También llamados productos de cuarta gama (IV gama), y son aquellos que han sido sometidos a procesos de lavado, desinfección, escurrido, pelado, cortado, o troceado (Figura 1) que si bien es cierto su apariencia es modificada, su tejido vivo se mantiene pues se pretende obtener un producto comestible directo y que proporcione funcionalidad a los consumidores.

Además de lo descrito, son sometidos a varios tratamientos de conservación incluyendo así refrigeración o modificación de su atmósfera (Silveira, 2017).

Figura 1

Diagrama de flujo de productos mínimamente procesados.



Nota. Vista del procedimiento para la producción de frutas y verduras mínimamente procesadas. Tomado de (Villanueva, 2018).

Uno de los sectores en el que más se emplea este tipo de procesamiento es de frutas y hortalizas, pues se inició como un método de aprovechamiento de este material vegetal pero de segundas cosechas, no obstante pronto se constató que se necesitaban frutas y hortalizas de alta calidad por el aumento del deterioro en su preparación; frutas como manzanas, melones y piñas fueron las primeras utilizadas para crear productos de cuarta gama (Villanueva, 2018).

Consideraciones

Se debe tomar en cuenta que todos los procedimientos realizados sobre el material vegetal causan alteraciones en su metabolismo y generan un ambiente propicio para el desarrollo de microorganismos causantes del deterioro, por lo que también cobra importancia la adición de componentes que permitan contrarrestar estos problemas. Sin embargo, existen ciertos aditivos que hoy en día son preferidos por los consumidores; los aditivos naturales, ya

que últimamente los aditivos químicos causan temor a la salud de ellos y consideran también la contaminación ambiental.

Los cambios en la calidad de los PMP son consecuencia del manejo que se le ha dado durante su procesamiento, especialmente el pelado y el corte, en donde se puede evidenciar aumento de la tasa de respiración y producción de etileno, cambio en la firmeza, pérdida de agua, oxidación o pardeamiento enzimático, acumulación de metabolitos secundarios que provocan alteración en sabor y olor, entre otros; por lo que la reducción de todos estos eventos se centra en el manejo de factores antes de la cosecha considerando la correcta selección del material vegetal, buen manejo de las condiciones del cultivo, y la aplicación de métodos para controlar el crecimiento de microorganismos patógenos, ablandamiento, oxidación durante el proceso y prolongación de su vida útil (Silveira, 2017).

Contaminación microbiana

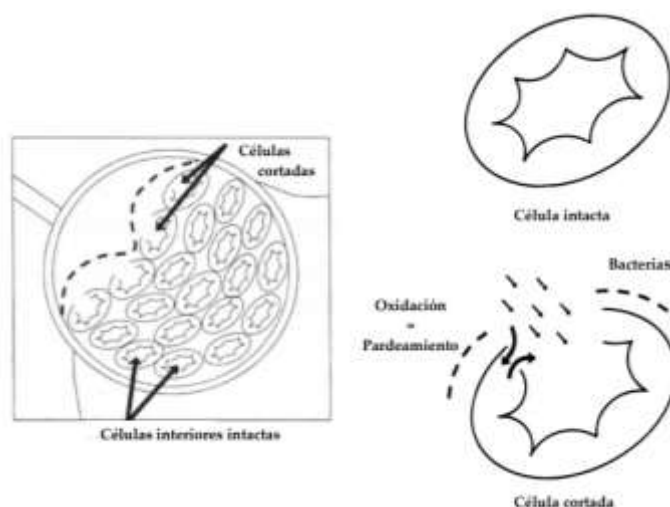
El crecimiento microbiano es la mayor limitante en la vida útil de los alimentos mínimamente procesados durante su almacenamiento, la contaminación que se puede dar dependiendo del producto, la técnica de procesamiento y en cualquier etapa de la producción. Con respecto al producto existen parámetros como el pH, la actividad del agua propia del producto, la tasa de respiración y sustancias antimicrobianas propias, donde el pH es sobre el que más se debe tener en cuenta; así, el procesado como el corte o pelado puede dañar la superficie celular dejando expuesto el citoplasma, siendo fuente principal de nutrientes para los microorganismos y también proporcionando una gran superficie para el crecimiento de los mismos (Villanueva, 2018).

Puede existir también contaminación cruzada, especialmente en la etapa de corte ya sea porque no se desinfectó bien la fruta o los utensilios para el proceso.

Como señala (Villanueva, 2018) el corte hace a los productos más vulnerables frente a infecciones microbiológicas (Figura 2) pues las heridas producidas desencadenan una respuesta estresante o lo que se conoce como estrés mecánico; se estima que la tasa de respiración aumenta entre 3 a 5 veces más de lo usual. De la misma manera, los solutos liberados se pueden mezclar con las enzimas liberadas y se desencadena una serie de reacciones no favorables produciendo alteración en el color, olor, sabor, textura, y también algunos de dichos solutos pueden ser utilizados por los microorganismos del exterior para crecer libremente en la superficie de los productos.

Figura 2

Células de frutas y hortalizas mínimamente procesadas



Nota. Vista del efecto del corte y pelado en las células de frutas y hortalizas IV gama. Tomado de (Villanueva, 2018).

Los microorganismos presentes en los productos de cuarta gama pueden ser de origen ambiental, humano o animal, como menciona (Villanueva, 2018) en frutas, las levaduras y mohos han sido asociados con la alteración del producto, entre los géneros de levaduras se puede encontrar a *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Trichosporon*, *Pichia* y *Torulaspota*, y las bacterias que más se encuentran son pertenecientes a las familias *Pseudomonadaceae*,

Enterobacteriaceae, y algunas de las bacterias ácido lácticas como *Leuconostoc mesenteroides* causantes de afectar la calidad nutricional de las frutas.

Piña (*Ananas comosus*)

Generalidades

Se trata de una fruta tropical perenne, nativa de la cuenca Amazónica, cuyo origen proviene de América del Sur, entre los países de Brasil y Paraguay, las selvas del Cusco Superior del Amazonas, y las regiones semisecas de Brasil, Venezuela y Guayanas (Collins, 1949, como se citó en (Retana, 2015)).

La temperatura ideal para su crecimiento es 20 - 28 °C, por el contrario, temperaturas mayores a 32 °C y menores a 18 °C limitan su desarrollo. Así mismo, su requerimiento ideal de pluviometría para su explotación comercial es de 100 a 150 mm/mes (Vargas, 2009).

Pertenece a la familia Bromeliácea, que incluye alrededor de 1600 especies, distribuidas en climas tropicales de zonas cálidas templadas y se caracterizan por ser plantas herbáceas, de tallos cortos, rígidos, con entrenudos cortos y más largos hacia la inflorescencia, sus flores son perfectas dispuestas en inflorescencias terminales, a manera de espigas, racimos o panículas ubicadas en las axilas de hojas fuertemente coloreadas, los frutos en el caso del género *Ananas* (Na na que podría significar fragancia - fragancia en guaraní) está formado por la fusión de los tejidos de los frutos individuales y del eje de la inflorescencia, siendo de consistencia más dura y fibrosa, además de poseer azúcares (Rohweder, 2019).

Características

Es una planta monocotiledónea, que puede llegar a medir hasta un metro de alto y una extensión lateral de 140 a 150 centímetros; posee un tallo corto redondo anclado al suelo mediante un sistema radicular muy superficial, y está totalmente rodeado por alrededor de 30 a 40 hojas largas, delgadas dispuestas a manera de espiral y con espinas (Figura 3). Se ha

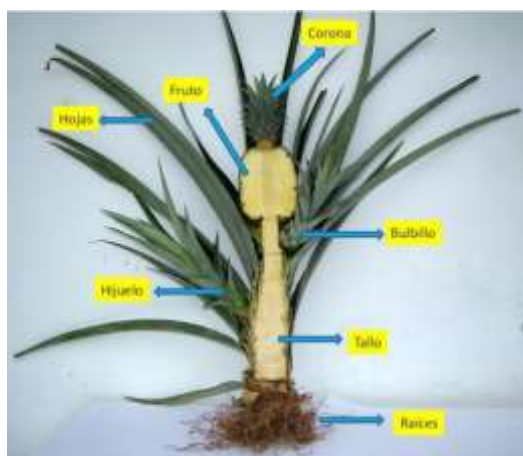
podido observar que en las variedades mejoradas las espinas solo se encuentran en la punta de la hoja en poco número, y la hoja termina en punta (Anahui, 2019).

El hijuelo de la base de la planta es el más vigoroso, pues emite raíces que ingresan al suelo y generalmente sus hojas son más largas que las de los retoños de otras partes de la planta (Vargas, 2009).

El bulbillo es el “hijo” que se desarrolla a partir de una yema axilar del pedúnculo. Es importante recolectarlo en el momento de la cosecha del fruto, sino su desarrollo se interrumpe al desecarse el pedúnculo y cae. Generalmente es el material más usado para su propagación porque se produce en mayor cantidad que los otros retoños (Vargas, 2009).

Figura 3

Partes de la planta de piña



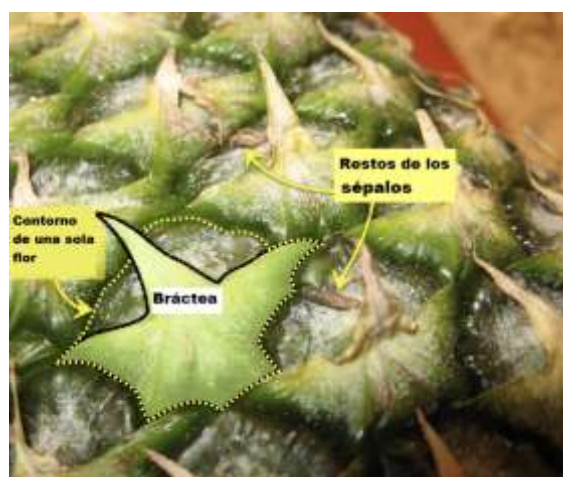
Nota. Corte transversal de la planta de piña.
Tomado de (Anahui, 2019)

La forma del fruto y su tamaño depende de la variedad pero generalmente es de forma cilíndrica que se le denomina por su tipo de infrutescencia, en este caso es llamado sorosis, ya que como menciona (SENA, 1991) está formado por una “acumulación” de todos los carpelos de la inflorescencia.

(Peinado, 2020) menciona que la piña es uno de los ejemplos más complejos de infrutescencia ya que en su formación intervienen varias estructuras: el eje central de la inflorescencia, las flores que van alrededor del eje y las brácteas que son pequeñas hojas ubicadas en la base de cada una de las flores (Figura 4).

Figura 4

Vista de las brácteas del fruto de piña



Nota. Bráctea de color verde, aún no madura. Tomado de (Peinado, 2020)

Esta planta no puede ser reproducida de manera sexual ya que el fruto no llega a formar semillas. Así mismo, todas las variedades de piña son autoincompatibles, por lo que en plantaciones de una sola variedad los frutos no tienen semillas. Para tener una formación de semillas se necesitaría que existan plantas de dos o más variedades mediante polinización cruzada (Anahui, 2019).

La parte comestible, la pulpa, se desarrolla a partir de los ovarios y la unión de las bases de los sépalos y brácteas, así cada ojo es la parte superior de un frutículo originado de una sola flor (Anahui, 2019) fibrosa de color amarillo y diferentes tonalidades según la variedad.

Tipo de respiración

Es importante mencionar la piña presenta un tipo de respiración no climatérico, que se caracteriza por una baja producción de etileno y una ausencia de una crisis respiratoria durante la maduración, es decir que, presenta una lenta pero constante tasa respiratoria durante su senescencia pudiendo ser por la presencia microbiana provocando su descomposición natural. Cabe mencionar que una vez cortada la fruta, sus características no mejorarán y si se tratara de realizar tratamientos con etileno, éste no influiría sobre su maduración, aunque posiblemente podría hacer que aumente la respiración (PortalFrutícola.com, 2016).

No obstante, la acumulación de azúcares en la piña proviene de la savia y no de la degradación de reservas amiláceas (Morales et al., 2001).

Importancia

Es un fruto con alto valor nutritivo, rica en vitaminas A, B, C, antioxidante por excelencia, y se caracteriza por poseer una enzima proteolítica llamada bromelina, misma que presenta beneficios para el sistema gastrointestinal y para el mantenimiento del peso corporal. Algunas aplicaciones clínicas de la bromelina reportadas son la fibrinólisis, antiagregante plaquetario, anticancerígeno, e incluso ayuda a la absorción de antibióticos (González et al., 2022).

Variedades cultivadas en Ecuador

Ecuador está ubicado en el puesto número 26 entre los productores mundiales de piña, se conoce que desde el año 2003 la producción destinada a exportación pasó de 48500 a 68000 TM siendo la productividad de 22 TM Ha aproximadamente (Moreira, R.;Uguña, 2018).

Para que la fruta pueda ser exportada, debe cumplir con algunos estándares de calidad impuestos por los mercados de consumo, entre ellos el tamaño, peso, grados brix, acidez e indispensablemente la inocuidad del fruto con respecto a plagas, productos químicos, metales pesados (Moreira, R.;Uguña, 2018).

Variedad cayena lisa

Se caracteriza por no poseer espinas, el fruto tiene forma cilíndrica y alargada, firme, de color amarillo – anaranjado con un peso de 2.5 kg dependiendo del manejo del cultivo. Presenta un contenido bajo de fibra, pero un porcentaje alto de jugo; su pulpa es de color amarillo dorado con alto contenido de azúcares. La desventaja de esta variedad es que produce un número reducido de retoños y que no es resistente a la manipulación excesiva o al transporte (Moreira, R.;Uguña, 2018).

Variedad Perolera

Corresponde a la variedad más cultivada para el consumo nacional en fresco. Las localidades que se dedican a su producción son Naranjito hacia Bucay, y en El Empalme hacia Manabí. Se caracteriza por tener hijos sin espinas. Su fruto una vez maduro es de forma cilíndrica de color amarillo anaranjado y con pulpa de color amarillo cremoso, medianamente fibrosa, dulce, resistente a la manipulación y transporte (Moreira, R.;Uguña, 2018).

Variedad MD-2

También conocida como Golden Sweet, Premium Select, entre otros. Pertenece al grupo Cayena y es producida únicamente para exportación. Es un híbrido que se caracteriza por alcanzar hasta cinco veces más de contenido de ácido ascórbico que otras variedades, y cuenta con un área de aproximadamente 3300 Ha cultivadas (Moreira, R.;Uguña, 2018).

Áreas de producción en Ecuador

Existen tres áreas destinadas para la producción de piña: la primera a exportación y agroindustria, ocupando aproximadamente 3300 Ha en las zonas de Quevedo, Santo Domingo, La Concordia y Quinindé. La segunda área destinada al mercado interno y consumo en fresco es en Milagro, Naranjito hasta Bucay en Guayas con una superficie de 400 Ha, y finalmente la tercera es El Empalme, hacia Pichincha donde comprende una superficie de 250 Ha para

mercado Nacional (Moreira, R.;Uguña, 2018). Así mismo, existen otras localidades como Esmeraldas, El Oro, donde se cultiva, pero no representan económicamente.

Situación actual del mercado de piña

Las frutas tropicales tienen una demanda estable durante todo el año, y en este caso es cubierta por países como Costa Rica y Filipinas, pues solo Europa y América del Norte conforman más del 50% de las importaciones mundiales (ResearchandMarkets, 2022).

La producción de piña a nivel mundial ha ido en aumento pero ante la pandemia por la COVID-19 tanto la producción, comercio y consumo disminuyó considerablemente en 2020, pues existió mano de obra insuficiente, falla en logística e interrupciones en la cadena de valor debido a los cierres en varios países (ResearchandMarkets, 2022).

Sin embargo, la demanda de esta fruta es creciente especialmente en Europa, región que depende de muchos países tropicales para su abastecimiento. Países como Costa Rica y Filipinas se posicionan como los primeros exportadores en el mundo, mientras que Holanda y Estados Unidos como los primeros importadores, pues la demanda de frutas orgánicas, frescas, está ganando relevancia (ResearchandMarkets, 2022).

En Asia, existe un gran consumo local y una gran superficie dedicada a la producción de piña; como se mencionó, Filipinas es el principal productor de la región, seguido de Indonesia e India, donde su principal importador es China y durante el año 2020 se llegó a pagar un valor de USD 172 millones para satisfacer su demanda de consumo (ResearchandMarkets, 2022). En esta región el consumo de la fruta es directa o procesada a manera de bebidas.

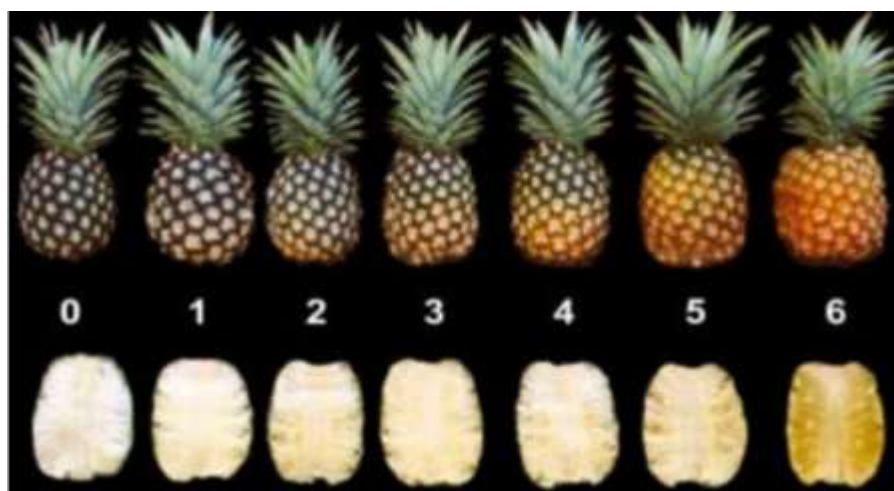
Piña mínimamente procesada

(Maldonado, 2016) señala que el procesamiento de la misma incluye las operaciones de pelado, cortado, rebanado o troceado; previo al retiro de la corona, el pelado corresponde a retirar la cáscara y el rebanado en formar subdivisiones horizontales en la pulpa. La eliminación

del corazón o centro de la piña también es importante y prosigue el troceado que consiste en la formación de trozos cuadrados o triangulares a partir de las rebanadas realizadas anteriormente. Una vez se tengan los trozos listos no se recomienda realizar la desinfección con sustancias desinfectantes pues la superficie se humedece impidiendo la adhesión de otros tratamientos como recubrimientos comestibles, y para la selección del estado de madurez para el mínimo proceso, sugiere que sea en un estado de madurez 3 a 5 (Dussán-Sarria et al., 2020)

Figura 5

Estados de madurez de la piña (Ananas comosus)



Nota. Tomado de (INEN, 2015)

Capítulo III

Metodología

Zona de estudio

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del taller de Poscosecha y en el Laboratorio de Acuicultura del campus de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, Hacienda El Prado, de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, ubicado en la parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, en la provincia de Pichincha, Ecuador, cuyas coordenadas geográficas son 78°24'44" E; 0°23'20" S a una altitud de 2748 m según el sistema de posicionamiento global GPS.

Figura 6

Vista satelital del campus de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I



Nota. Ubicación donde se realizó la fase experimental del trabajo de investigación, tomado de (Google Maps, 2022)

Materiales

La materia prima, reactivos e insumos fueron obtenidos por la persona a cargo de la investigación, y los equipos utilizados fueron propios del taller de Poscosecha y del Laboratorio de Acuicultura respectivamente.

Tabla 2

Materiales, equipos e insumos para el trabajo de investigación

Materia prima	<ul style="list-style-type: none"> • Material vegetal: corteza de canela, frutos de piña • Aceite vegetal • Almidón de maíz
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Hipoclorito de Sodio 5% • Tween 80 • Glicerina • Agua destilada • Hidróxido de Sodio 0,1 N • Fenolftaleína
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza digital • Trituradora/licuadora • Estufa • Estufa de secado • Congelador • Cámara UVc • Liofilizador • Penetrómetro mod. FT 011 (0-11 Lbs.) • Refractómetro digital • pHmetro PEN PT-70 • Balanza analítica • Cámara de flujo laminar • Incubadora
Insumos	<ul style="list-style-type: none"> • Frascos de vidrio de 250 mL • Frascos de vidrio de 1 L • Fundas herméticas • Papel aluminio • Vasos plásticos • Envases pequeños tipo bisagra deli PET tapa baja • Bandejas de plástico con tapa brazo gitano alto • Bandejas de aluminio desechables de 30.5 x 36 x 5 cm • Tubos eppendorf de 50 mL y 1,5 mL

Nota. Listado de materiales, equipos e insumos utilizados para el desarrollo del trabajo de investigación. Elaboración propia.

Adquisición del material vegetal

La corteza de canela se obtuvo de un lugar de venta de especias y plantas medicinales ubicado en el Centro Histórico de Quito, se almacenó en bolsas plásticas en un lugar fresco hasta su uso.

Las frutas de piña se consiguieron en el mercado Mayorista, ubicado al Sur de Quito, provenientes de la provincia de Santo Domingo, correspondiente a la variedad MD2 o Golden Sweet en un estado “pintón”, es decir en estado de 3 a 5.

Para su cosecha es importante considerar que se trata de una fruta no climatérica, por lo que se seleccionaron aquellas con las siguientes características físicas, basadas en los requisitos según (INEN, 2015) donde se menciona que deben presentar aspecto fresco, estar enteras y exentas de daños mecánicos, presentar la forma característica de la variedad, estar sanas (libres de ataques de insectos y/o enfermedades que perjudiquen la calidad interna del fruto, estar libres de humedad externa anormal y de cualquier olor y/o sabor extraño (provenientes de otros productos, empaques o recipientes y/o agroquímicos, con los cuales hayan estado en contacto).

Métodos

Obtención del principio activo de Canela (Cinnamomum zeylanicum)

Se realizó un proceso de maceración del material vegetal, para ello, en 3 litros de agua fría se colocó 300 gramos de las cortezas de canela previamente troceadas para obtener fragmentos fácilmente solubles, y se dejó en reposo durante 24 horas.

Posteriormente, para la obtención del principio activo se utilizó la técnica de destilación por arrastre de vapor a pequeña escala. De manera que, se colocó en la olla modificada los 3 litros del agua donde reposó la canela y sobre la rejilla de la olla se colocó el material reposado, a continuación, se encendió la estufa y se controló la llama hasta proporcionar una velocidad

de destilación constante. Este proceso duró alrededor de 1 hora y media hasta obtener un volumen adecuado del principio activo para realizar las formulaciones, se midió la cantidad de producto condensado y de ello se colocó el 10% de maltodextrina, material utilizado como encapsulante para proteger al principio activo, se dejó enfriar y se llevó a congelación hasta realizar la liofilización.

Liofilización del principio activo (P.A)

Para realizar este proceso se requiere trocear el producto condensado del principio activo congelado, procurando obtener pedazos lo más finos posibles, todo esto para que aumente la estabilidad del producto y disminuya la pérdida de sustancias volátiles. Ya troceado, se colocó en las bandejas correspondientes del liofilizador.

Una vez configurado el equipo, se procedió a liofilizar el material durante al menos 24 horas en periodos de 5 a 6 horas diarias, revisando el avance del proceso. En caso de que no se haya podido completar el periodo diario, se sacó del equipo el material y se llevó al congelador para continuar al día siguiente con el proceso.

Transcurrido el tiempo necesario, se verificó que el material esté completamente seco pero que conserve sus propiedades como sabor y aroma; se pesó y se guardó en frascos de vidrio herméticos hasta su uso. Procurar realizar esto lo más rápido pues el producto puede empezar a absorber humedad del ambiente.

Formulación y preparación del recubrimiento comestible (RC)

Según las cantidades correspondientes para cada tratamiento que se observan en la Tabla 3, en una olla se colocó una fracción del agua con el almidón de maíz y se llevó a la estufa a fuego medio hasta que éste se gelatinice o hasta alcanzar una temperatura de 60°C. A parte, se colocó a licuar durante 10 minutos los materiales líquidos y oleosos (agua, aceite vegetal, glicerina y Tween 80). Una vez transcurrido el tiempo, se agregó el producto mezclado

a la olla y se meció hasta que los materiales se incorporen muy bien, se apagó y se dejó enfriar. Posteriormente se dispensó en frascos de vidrio y se agregó la cantidad correspondiente del producto liofilizado del principio activo.

Tabla 3

Componentes y cantidades para los recubrimientos comestibles

COMPONENTE	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Tratamiento 4	
	Peso (g)	(%)	Peso (g)	(%)	Peso (g)	(%)	Peso (g)	(%)
Agua destilada	446	89,3	444	88,9	442	88,5	440	88,1
Aceite vegetal	20	4	20	4	20	4	20	4
Glicerina	12,5	2,5	12,5	2,5	12,5	2,5	12,5	2,5
Tween 80	1,5	0,2	1,5	0,2	1,5	0,2	1,5	0,2
Almidón de maíz	20	4	20	4	20	4	20	4
Principio activo de canela	0	<u>0</u>	2	<u>0,4</u>	4	<u>0,8</u>	6	<u>1,2</u>
TOTAL	500	100	500	100	500	100	500	100

Nota. Pesos y porcentajes de los componentes para la preparación de los recubrimientos comestibles. Énfasis en los porcentajes del principio activo de canela. Elaboración propia.

Preparación de la piña mínimamente procesada

Primero se lavó el material vegetal con agua corriente para quitar restos de tierra e impurezas que puedan estar en las cortezas de la fruta, posteriormente se desinfectaron sumergiéndolas en una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 5% a razón de 2mL/litro de agua durante 5 minutos, después se sacaron y con una toalla de papel se secaron, finalmente se colocaron en el cuarto frío a 7 °C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, se peló la corteza de las piñas y se cortó en rodajas de 3 cm de alto, a las mismas se les descaroizó y se realizó cortes en triángulos de 4,5 de largo x 3 cm de alto, pues según

menciona (Maldonado, 2016) la tasa de respiración de la fruta disminuye con este tipo de troceado.

Se realizó una selección de los trozos más homogéneos y se colocaron en bandejas de aluminio para ser llevados a la cámara de UVc durante 8 minutos para su esterilización.

Aplicación del recubrimiento comestible

Los recubrimientos comestibles preparados fueron aplicados mediante la técnica de inmersión a temperatura ambiente, de manera que, se colocó una fracción del recubrimiento en un recipiente limpio y seco y se sumergió uno por uno los trozos de piña durante 30 segundos, luego se colocaron sobre una rejilla que permitió eliminar el exceso por gravedad durante 5 minutos, y finalmente se llevó a secar en estufa a 25 °C durante 2 horas con el fin de asegurar un buen secado del recubrimiento sobre la superficie de la fruta.

Fase experimental

Se realizó evaluaciones de los parámetros físico – químicos a los 0, 3, 6, 9, y 12 días para valorar los efectos del P. A sobre las muestras experimentales mediante los análisis:

Evaluación física

Color (ΔE). Se señaló el diámetro ecuatorial de los trozos de piña mediante arandelas adhesivas circulares de manera que se pueda tomar los datos del mismo lugar, y mediante la aplicación para celulares con sistema Android “ColorGrab” se obtuvieron las coordenadas CIELab (L^* , A^* , B^*) utilizadas en la industria alimentaria. Las mediciones de color se expresaron en L^* luminosidad ($L^*=0$ para el negro y $L^*=100$ para blanco), coordenada a^* (verde [-], rojo [+]) y coordenada b^* (azul [-], amarillo [+]), y se determinó la diferencia de color (ΔE o delta E) entre dos muestras de color mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

Firmeza (kgF). Se utilizó un penetrómetro mismo que midió la fuerza que opone la fruta cuando se aplica cierta presión para insertar el émbolo del equipo. Para ello se sujetó el trozo de piña sobre una superficie firme y se ejerció presión con el puntal del equipo en la fruta de forma perpendicular, no en ángulo. Es importante considerar que ésta presión debe ser uniforme hasta llegar al tope.

Pérdida de peso (%). Se pesaron los trozos de piña utilizando una balanza gramera y para el cálculo del porcentaje de pérdida de peso se empleó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Evaluación química

pH. Se pesó 25 gramos de fruta y se aforó hasta 250 mL con agua destilada, se licuó, se filtró, y la muestra obtenida se colocó en un vaso de precipitación para la introducción del pHmetro previamente calibrado, se esperó hasta que el valor en el equipo se estabilice para ser tomado como dato definitivo.

Sólidos solubles totales (°Brix). Se utilizó la muestra obtenida inicialmente, se tomó una alícuota de 25 mL, se sumergió el tubo del refractómetro, se absorbió la muestra y el valor que expresó el equipo se multiplicó por 10.

Acidez titulable (% ácido cítrico). De igual manera se utilizó la muestra preparada inicialmente, se tomó una alícuota de 25 mL, se añadió 2 gotas del indicador fenolftaleína al 1% y se realizó la titulación directa con NaOH al 0,1 N. El valor obtenido se empleó en la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de ácido cítrico (ácido representativo de la piña).

$$A = \frac{V_1 \times N \times M}{V_2}$$

Donde:

A : Gramos de ácido en 100 cm³ de producto

V_1 : cm³ de NaOH usados para la titulación de la alícuota

N : Normalidad de la solución de NaOH

M : Peso molecular del ácido representativo, ácido cítrico (192,13 g/mol)

V_2 : Volumen de la alícuota tomada para el análisis (25 mL).

Evaluación microbiológica

Finalizados los días de evaluación, se tomaron muestras que presentaban contaminación biológica de bacterias propias de la fermentación de la fruta y se llevaron al laboratorio de Acuicultura para realizar la determinación de la susceptibilidad de los microorganismos conocido como antibiograma.

Aislamiento de microorganismos. Se pesó 2,5 gramos de las muestras contaminadas en una balanza digital y se colocó en 22,5 mL de agua peptonada en un tubo eppendorf de 50 mL, se agitó en vortex durante 5 minutos y en una caja Petri de dos divisiones con medio PDA mediante una pipeta automática se inoculó 100 µL, se selló con Parafilm y se llevó a la incubadora por 24 horas a 37 °C.

Preparación de sensidiscos. Se colocó 10 mL de los recubrimientos comestibles preparados en cajas Petri plásticas y se dejó en la estufa durante 48 horas a 39 °C, luego mediante un cortador circular pequeño se realizaron los discos, se envolvieron en papel encerado y se guardaron en fundas herméticas hasta su uso.

Preparación de antibiograma. Transcurrido el tiempo de 24 horas, se pudo observar el crecimiento microbiano y, con el asa de inoculación esterilizada se tomó una cantidad considerable del cultivo para después diluirlo en 1 mL de agua peptonada en un tubo eppendorf

de 1,5 mL, se agitó y se mantuvo cerrado hasta su uso. A continuación se tomó con la pipeta automática 200 μ L de la solución y se dispensó en una caja Petri con Agar Mueller – Hinton donde mediante el asa de inoculación se realizaron estriados para distribuirla uniformemente por toda la superficie, se esperó 2 minutos para que el agar absorba un poco la solución; con una pinza esterilizada se tomaron los sensidiscos realizados previamente y se colocaron sobre el agar a una distancia de unos 3 cm entre ellos, se selló y se llevó a incubación durante 24 horas a 37 °C. Cumplido este tiempo, se observó la existencia o no de los “halos de inhibición” formados alrededor de los discos (medidos y expresados en mm).

Evaluación sensorial

Se realizó mediante una cata para determinar la aceptabilidad (grado de gusto o disgusto) de consumo de la piña mínimamente procesada con el recubrimiento comestible a los 6 días de preparación. Para ello se realizó una prueba de tipo hedónica, misma que permitió no sólo establecer si existen diferencias entre muestras, sino el sentido o magnitud de la misma (Liria, 2007). En este caso, los panelistas fueron personas no entrenadas, reclutadas por preferencia al producto (piña).

Preparación de las muestras. Se prepararon los trozos de piña y los recubrimientos comestibles con el mismo procedimiento descrito anteriormente, pero los tamaños de las muestras difirieron, esta vez se realizó de un tamaño de 1,5 cm de largo x 1 cm de alto y se mantuvieron en refrigeración a 7 °C.

Forma de presentación. Se colocaron en una bandeja de plástico las 5 muestras de fruta aleatoriamente correspondientes a cada tratamiento, debidamente codificadas, para ello, como sugiere (Liria, 2007) se utilizó la función de Excel “ENTERO(ALEATORIO()*1000)” para obtener dígitos aleatorios según se requiera, mismos que se aprecian en la Tabla 4. Para

facilitar la manipulación de las muestras por los panelistas, se colocaron palillos en la parte superior de la fruta.

Tabla 4

Codificación de tratamientos para análisis sensorial

Tratamiento	Codificación
T0	249
T1	706
T2	505
T3	147
T4	843

Nota. Códigos creados en Excel para los tratamientos. Elaboración propia.

Evaluación. Se realizó en el salón de clases del taller de Poscosecha de la Carrera de Agropecuaria, que duró alrededor de 15 – 20 minutos. Los panelistas fueron 10 estudiantes de séptimo nivel que fueron seleccionados por su afinidad al consumo de piña e ingresaron en dos grupos de 5 personas. Las bandejas fueron servidas al azar para cada panelista junto con una botella de agua para limpiar su paladar entre cada tratamiento, por lo que se combinó en todos los órdenes posibles, se leyeron las indicaciones previas y se entregó la ficha de cata.

Indicaciones previas para la evaluación sensorial. Las indicaciones presentadas a los panelistas fueron:

1. Concentrarse en la evaluación y bloquear otras distracciones.
2. Observar detenidamente la ficha para familiarizarse y poder realizar preguntas en caso de no estar claro en algún punto.
3. Probar suficiente de la muestra para asegurarse de degustarla adecuadamente.
4. Prestar atención a la secuencia de las muestras: empezar por la de la mano izquierda y continuar por la de la derecha. No cambiarlas de posición para evitar confusiones.
5. Enjuagarse la boca al cambiar de muestra y cada vez que lo requiera.
6. No ser demasiado crítico, no sobre-juzgar el o los productos.

7. Utilizar toda la escala presentada en la ficha, evitar marcar sólo la mitad de la escala.

Ficha de cata. La ficha contuvo una instrucción clara donde menciona que los panelistas deben puntuar en una escala del 1 al 5 (siendo 1 me disgusta mucho y 5 me gusta mucho) las muestras según su nivel de aceptabilidad para cada uno de los atributos señalados (olor, color, sabor, textura, apariencia).

Diseño Experimental

Tipo de diseño

Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con estructura de parcelas divididas (5x5) con 3 repeticiones por tratamiento. El modelo matemático empleado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + \delta k(i) + D_j + (R * D)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Variable de respuesta evaluada (peso, color, firmeza, pH, °Brix, % ácido cítrico, color)

μ : Media general

R_i : Parcela grande (Concentración de principio activo liofilizado de canela)

$\delta k(i)$: Error para la parcela grande

D_j : Parcela pequeña (Días de evaluación)

$(R * D)_{ij}$: Interacción entre la parcela grande y la parcela pequeña

ϵ_{ijk} : Error para la parcela pequeña

Se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias utilizando el Test de Tukey con un alfa=0.05 mediante el software estadístico Infostat y los gráficos fueron realizados con el software R.

Tratamientos

Se realizaron 5 tratamientos con 3 repeticiones, obteniendo un total de 15 tratamientos:

Tabla 5

Tratamientos del trabajo de investigación

Tratamiento	Descripción
T0	Piña mínimamente procesada sin recubrimiento.
T1	Piña mínimamente procesada con recubrimiento 0% P.A
T2	Piña mínimamente procesada con recubrimiento 0.4% P.A
T3	Piña mínimamente procesada con recubrimiento 0.8% P.A
T4	Piña mínimamente procesada con recubrimiento 1.2% P.A

Nota. P.A hace referencia a Principio Activo. Elaboración propia.

Croquis del diseño experimental

Figura 7

Esquema de parcelas divididas del trabajo de investigación



Nota. Los tratamientos (0, 1, 2, 3, 4) corresponden a la parcela grande y los días de evaluación (0, 3, 6, 9, 12) a la parcela pequeña. Elaboración propia.

Descripción de las muestras experimentales

Se utilizaron 11 muestras experimentales por tratamiento, 1 destinada a evaluación física – prueba no destructiva (peso y color) y las 10 muestras restantes a evaluaciones químicas – pruebas destructivas para los días 0, 3, 6, 9 y 12 (Firmeza, pH, °Brix, acidez titulable).

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Análisis físico

Se analizaron estadísticamente los resultados obtenidos mediante la comparación entre tratamientos según la prueba de Tukey (valor $p < 0.05$) en Infostat las siguientes variables:

Color (ΔE)

Respecto a la variable Delta E, se pudo verificar que sí existen diferencias significativas entre los tratamientos y los días, donde hasta el tercer día los cambios de color para todos los tratamientos son mínimos, y a partir del sexto día en los diferentes tratamientos se registra un incremento de sus valores, finalmente el tratamiento 0 al día 9 registra el valor más alto con 35.58 (Tabla 6). Así mismo, el tratamiento que menores cambios de color presentó de acuerdo a la estabilidad de los datos fue el Tratamiento 2 (Figura 8).

Tabla 6

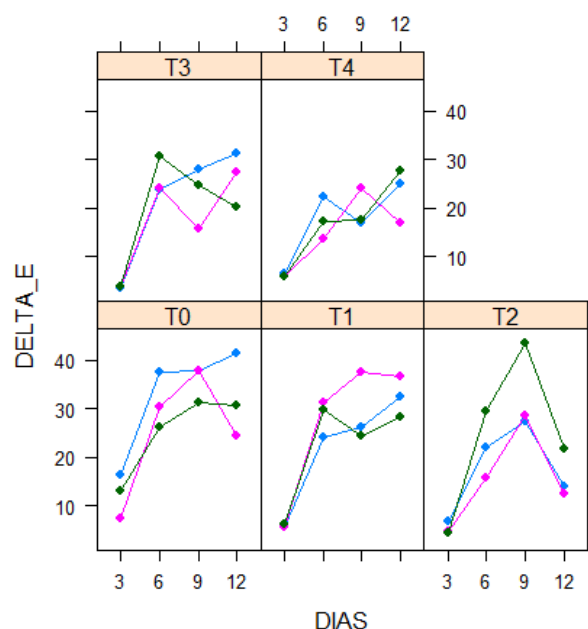
Resultados Test de Tukey para variable color (ΔE) entre tratamientos y días

TRATAMIENTO	DÍAS	Medias	n	E.E																
0	9	35,58	3	2,54	A															
2	9	33,19	3	2,54	A	B														
1	12	32,33	3	2,54	A	B														
0	12	32,04	3	2,54	A	B	C													
0	6	31,33	3	2,54	A	B	C	D												
1	9	29,42	3	2,54	A	B	C	D												
1	6	28,4	3	2,54	A	B	C	D												
3	12	26,3	3	2,54	A	B	C	D												
3	6	26,19	3	2,54	A	B	C	D												
4	12	23,31	3	2,54	A	B	C	D	E											
3	9	22,8	3	2,54	A	B	C	D	E											
2	6	22,44	3	2,54	A	B	C	D	E											
4	9	19,68	3	2,54			C	D	E	F										
2	12	18,16	3	2,54			C	D	E	F	G									
4	6	17,73	3	2,54				D	E	F	G									
0	3	12,22	3	2,54						E	F	G	H							
4	3	6,14	3	2,54							F	G	H							
1	3	5,73	3	2,54								G	H							
2	3	5,23	3	2,54								G	H							
3	3	3,77	3	2,54									H							

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($>0,05$)

Figura 8

Representación de los resultados para variable color (ΔE).



Nota. Cada color representa una repetición del tratamiento.

Firmeza (kgF)

En relación a la variable firmeza, se determinó que al tercer día se registraron los mejores valores de firmeza en los tratamientos 1, 4, y 2, con valores de 1.93, 1.87 y 1.87 kgF respectivamente. Por lo tanto, se observó que a medida que pasan los días los valores de firmeza disminuyen debido a la pérdida de turgencia traducida en ablandamiento; al día 12 se registraron los menores valores de firmeza tanto para el tratamiento 0, 1, 2 y 4 con valores de 1.03, 1.10, 1.20 y 1.23 kgF respectivamente (Tabla 7). Así mismo, el tratamiento que presenta los datos más estables a lo largo del estudio fue el tratamiento 2 (Figura 9). Estos resultados concuerdan con lo reportado por (Zambrano et al., 2017a) donde señalan que en piña mínimamente procesada con recubrimiento comestible a base de mucílago la firmeza presenta degradación durante los siete días de almacenamiento debido a la pérdida de turgencia y degradación celular adicional a la pérdida de agua de los tejidos.

Tabla 7

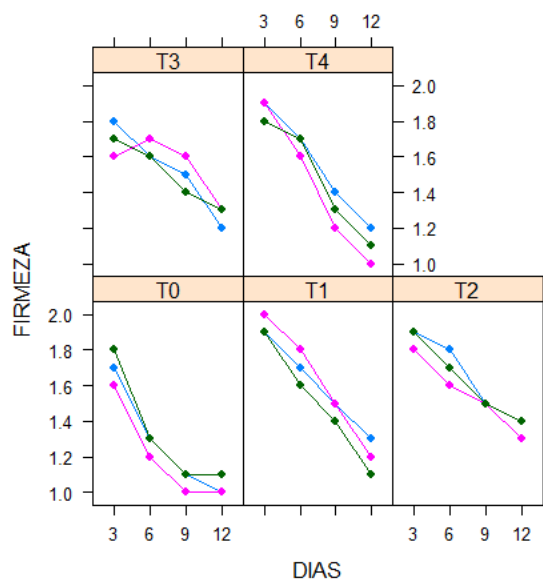
Resultados Test de Tukey para variable firmeza (kgF) entre tratamientos y días

TRATAMIENTO	DÍAS	Medias	n	E.E																
1	3	1,93	3	0,04	A															
4	3	1,87	3	0,04	A	B														
2	3	1,87	3	0,04	A	B														
2	6	1,70	3	0,04		B	C													
3	3	1,70	3	0,04		B	C													
1	6	1,70	3	0,04		B	C													
0	3	1,70	3	0,04		B	C													
4	6	1,67	3	0,04		B	C	D												
3	6	1,63	3	0,04			C	D												
3	9	1,50	3	0,04			C	D	E											
2	9	1,50	3	0,04			C	D	E											
1	9	1,47	3	0,04				D	E	F										
4	9	1,30	3	0,04					E	F	G									
3	12	1,27	3	0,04						F	G	H								
0	6	1,27	3	0,04						F	G	H								
2	12	1,23	3	0,04							G	H	I							
1	12	1,20	3	0,04							G	H	I							
4	12	1,10	3	0,04							G	H	I							
0	9	1,07	3	0,04								H	I							
0	12	1,03	3	0,04									I							

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (>0,05)

Figura 9

Representación de los resultados para variable firmeza (kgF)



Nota. Cada color representa una repetición del tratamiento.

Pérdida de peso PP (%)

Respecto a la variable pérdida de peso, sí existen diferencias estadísticamente significativas, se observó una PP progresiva en todos los tratamientos, siendo el Tratamiento 4 el que registra mayor pérdida de peso al día 12, con un valor de 7.24%, y el tratamiento que registra el menor porcentaje de PP fue el Tratamiento 1 al día 3, con un valor de 0.43% (Tabla 8), no obstante, el Tratamiento 2 es el que presenta datos más estables y con menor pérdida de peso al día 12 (Figura 9). Como señala (Maldonado, 2016) la efectividad de los recubrimientos comestibles para reducir pérdidas de peso depende mayormente del componente lipídico y de sus interacciones con otros componentes, al igual que la distribución homogénea y el tamaño de la partícula de la fase discontinua son importantes para tener una barrera verdaderamente protectora a gases y a humedad. Así mismo (Mantilla et al., 2021) reportaron la reducción de PP hasta 40% en piña mínimamente procesada mediante el uso de recubrimientos comestibles de alginato con concentraciones superiores al 2%, señalando que los efectos del recubrimiento sobre la pérdida de peso dependieron de la concentración del hidrocoloide.

Tabla 8

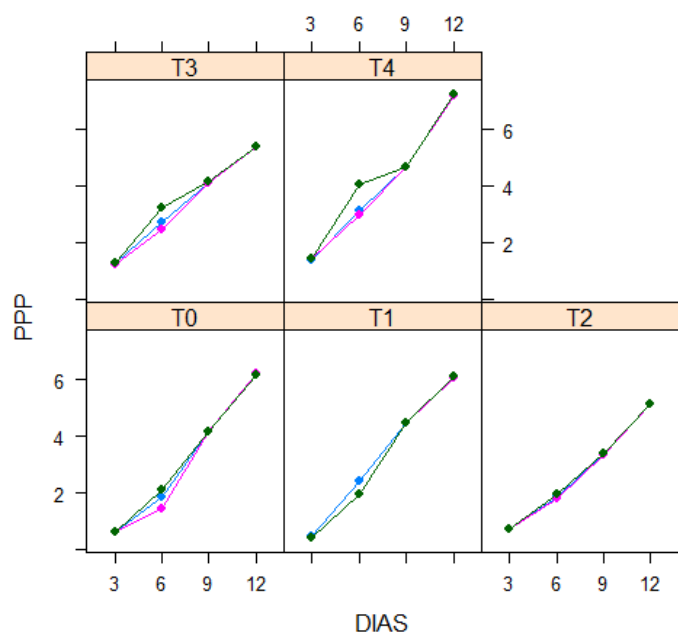
Resultados Test de Tukey para variable PP (%) entre tratamientos y días

TRATAMIENTO	DÍAS	Medias	n	E.E						
4	12	7,24	3	0,13	A					
0	12	6,20	3	0,13		B				
1	12	6,11	3	0,13		B	C			
3	12	5,48	3	0,13			C	D		
2	12	5,42	3	0,13				D		
4	9	4,68	3	0,13					E	
1	9	4,47	3	0,13					E	
0	9	4,17	3	0,13					E	
3	9	4,15	3	0,13					E	
4	6	3,39	3	0,13					F	
2	9	3,37	3	0,13					F	
3	6	2,82	3	0,13					F	
1	6	2,12	3	0,13					G	
2	6	1,86	3	0,13					G	H
0	6	1,80	3	0,13					G	H
4	3	1,43	3	0,13					G	H
3	3	1,28	3	0,13						H I
2	3	0,72	3	0,13						I J
0	3	0,62	3	0,13						I J
1	3	0,43	3	0,13						I J

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (>0,05)

Figura 10

Representación de los resultados para variable % Pérdida de peso



Nota. Cada color representa una repetición del tratamiento.

Análisis químico

pH

Para esta variable se determinó que sí existieron diferencias estadísticamente significativas entre los días y los tratamientos; durante el tercer y el sexto día los valores de pH aumentaron en todos los tratamientos, y para los días 9 y 12 los valores de pH disminuyeron en todos los tratamientos, similar comportamiento encontró (Zambrano et al., 2017b) donde menciona que en piña mínimamente procesada con recubrimiento comestible a base de mucílago de cactus el pH inicialmente tendió a incrementar durante 7 días en todos los tratamientos y que al final del almacenamiento se obtuvieron valores menores a 4 siendo adecuados. Esto también concuerda con lo señalado por (Torri et al., 2010) la oscilación del pH en el tiempo se también se debe a que las muestras tratadas provienen de diferentes partes de la piña por lo que existe una diferencia en la maduración de la zona basal y la apical; pues siempre la región basal mostrará valores más altos que la zona media y apical del fruto.

Tabla 9

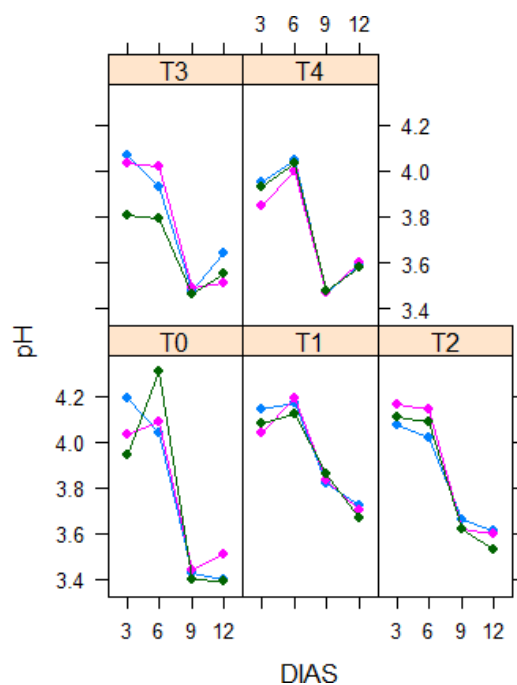
Resultados Test de Tukey para variable pH entre tratamientos y días

TRATAMIENTO	DÍAS	Medias	n	E.E	
0	6	4,16	3	0,04	A
1	6	4,15	3	0,04	A
2	3	4,11	3	0,04	A B
1	3	4,09	3	0,04	A B
2	6	4,08	3	0,04	A B
0	3	4,05	3	0,04	A B C
4	6	4,03	3	0,04	A B C
3	3	3,97	3	0,04	A B C
3	6	3,91	3	0,04	B C D
4	3	3,91	3	0,04	B C D
1	9	3,84	3	0,04	C D E
1	12	3,70	3	0,04	D E F
2	9	3,63	3	0,04	E F G
2	12	3,63	3	0,04	E F G
4	12	3,59	3	0,04	F G
3	12	3,57	3	0,04	F G
3	9	3,48	3	0,04	G
4	9	3,47	3	0,04	G
0	12	3,43	3	0,04	G
0	9	3,42	3	0,04	G

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (>0,05)

Figura 11

Representación de los resultados para variable pH



Nota. Cada color representa una repetición del tratamiento.

Sólidos solubles totales (°Brix)

En relación a los grados sólidos solubles totales se puede verificar que sí existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; se observó que al día 3 existió mayor cantidad de Sólidos solubles totales tanto para el tratamiento 0 y 2 con valores de 17,73 y 16,23 °Brix respectivamente, y al día 12 de almacenamiento los tratamientos 1, 3 y 4 presentaron una mayor disminución de °Brix de 11,77, 11,73 y 11,83 respectivamente; similar comportamiento reportó (Dussán-Sarria et al., 2014) con un valor de 9.13 °Brix al día 16 y señala que la reducción de los sólidos solubles se produce por el continuo proceso respiratorio de la fruta, lo que implica un mayor consumo de sustrato orgánico, en este caso de azúcares.

Tabla 10

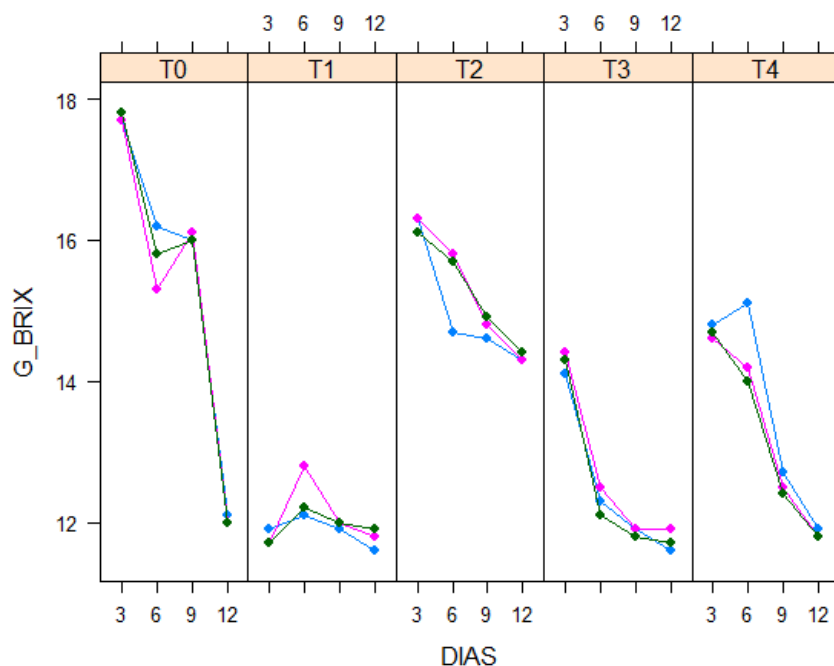
Resultados Test de Tukey para variable Sólidos solubles Totales (°Brix) entre tratamientos y días

TRATAMIENTO	DÍAS	Medias	n	E.E						
0	3	17,73	3	0,23	A					
2	3	16,23	3	0,23	B					
0	9	16,03	3	0,23	B	C				
0	6	15,77	3	0,23	B	C	D			
2	6	15,40	3	0,23	B	C	D	E		
2	9	14,77	3	0,23		C	D	E	F	
4	3	14,70	3	0,23			D	E	F	
4	6	14,43	3	0,23				E	F	
3	3	14,27	3	0,23				E	F	
2	12	13,50	3	0,23					F	G
4	9	12,53	3	0,23						G H
1	6	12,37	3	0,23						G H
3	6	12,30	3	0,23						G H
0	12	12,03	3	0,23						H
1	9	11,97	3	0,23						H
3	9	11,87	3	0,23						H
4	12	11,83	3	0,23						H
1	12	11,77	3	0,23						H
1	3	11,77	3	0,23						H
3	12	11,73	3	0,23						H

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (>0,05)

Figura 12

Representación de los resultados para variable Sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix)



Nota. Cada color representa una repetición del tratamiento.

Acidez titulable (% ácido cítrico)

Respecto a la variable de acidez titulable que corresponde al porcentaje de ácido cítrico (ácido representativo de la piña) se observó que tiene una relación con el pH antes reportado, pues a medida que éste aumenta, la acidez disminuye. Se puede notar también que los tratamientos 0 y 4 presentan los valores de ácido cítrico más altos en todos los días de evaluación, pero es el tratamiento 4 el que presenta datos más estables, pues existió una disminución progresiva hasta el día 12, en comparación con el tratamiento control, donde al día 9 los valores aumentaron y después tuvieron un descenso abrupto. El tratamiento 4 podría presentar dichos valores pues es el tratamiento que contiene la dosis más alta del principio activo de canela y el mismo está comprendido por varios componentes antioxidantes y ácidos como el cinámico.

Similares resultados reportaron (Zambrano et al., 2017) donde en un recubrimiento comestible con mucílago de cactus sobre piña mínimamente procesada observaron un descenso de la acidez en las muestras que tienen recubrimiento, lo que permitió inferir que el recubrimiento incide en la degradación de los ácidos orgánicos.

(Maldonado, 2016) hace referencia que el valor de acidez titulable junto con el del pH aseguran la aceptabilidad del producto mínimamente procesado, esperando que la aplicación del recubrimiento no cambie las características propias del producto.

En un estudio sobre el efecto de un recubrimiento comestible con base en gelatina sobre melones cortados reportaron que la variación de la acidez fue poca, donde dedujeron que el recubrimiento ralentiza la degradación de ácidos orgánicos lo que ocasiona una baja variación en el porcentaje de acidez.

Tabla 11

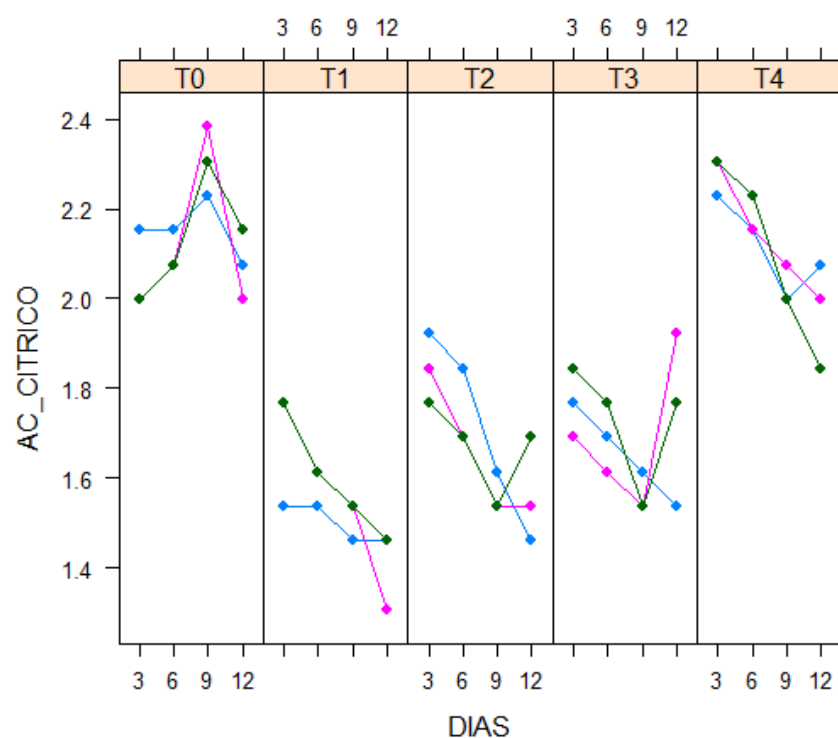
Resultados Test de Tukey para variable Acidez titulable (%Ácido cítrico) de tratamientos y días

TRATAMIENTO	DÍAS	Medias	n	E.E	
0	9	2,31	3	0,05	A
4	3	2,28	3	0,05	A B
4	6	2,18	3	0,05	A B C
0	6	2,10	3	0,05	A B C D
0	12	2,08	3	0,05	A B C D
0	3	2,05	3	0,05	A B C D
4	9	2,03	3	0,05	B C D E
4	12	1,97	3	0,05	C D E F
2	3	1,84	3	0,05	D E F G
3	3	1,77	3	0,05	E F G H
3	12	1,74	3	0,05	F G H I
2	6	1,74	3	0,05	F G H I
1	3	1,69	3	0,05	G H I
3	6	1,69	3	0,05	G H I
1	6	1,59	3	0,05	G H I J
2	9	1,56	3	0,05	H I J
3	9	1,56	3	0,05	H I J
1	9	1,51	3	0,05	H I J
2	12	1,49	3	0,05	I J
1	12	1,41	3	0,05	J

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (>0,05)

Figura 13

Representación de los resultados para variable Acidez titulable (% Ácido cítrico)



Nota. Cada color representa una repetición del tratamiento.

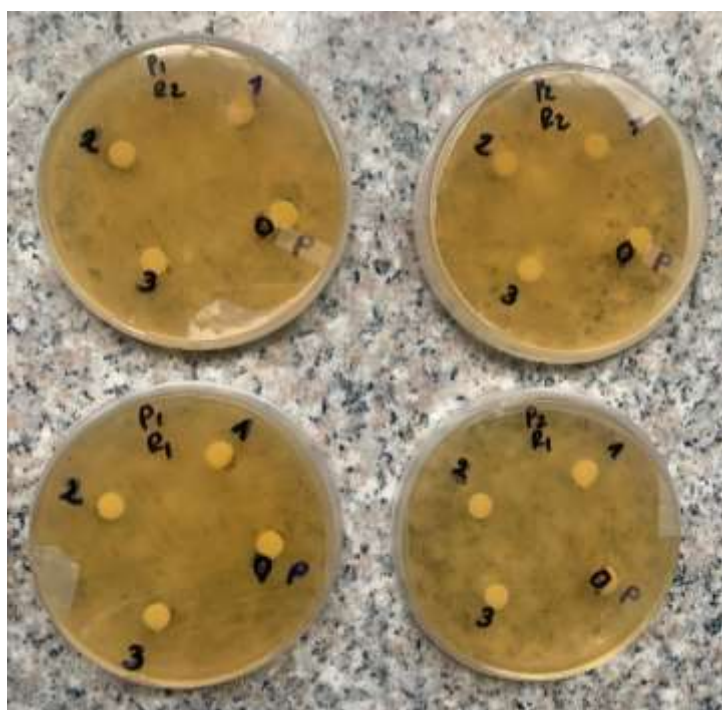
Análisis microbiológico

Con respecto al crecimiento microbiano, se reporta de manera descriptiva observacional debido a que, a las 24 horas, tiempo óptimo para obtener resultados del antibiograma, no se observó la presencia de halos de inhibición en ningún tratamiento y en ninguna repetición (Figura 14), e incluso se observó el crecimiento de los microorganismos sobre los sensibilizadores, por lo que no se obtuvieron datos para realizar análisis estadísticos. Como reporta (Guaypatín, 2019) cuando existe crecimiento sobre el film o en este caso los sensibilizadores puede deberse a que el microorganismo está consumiendo la fuente de carbono que éste contiene, por lo que se determina que las dosis añadidas del principio activo de canela no representan ninguna función antimicrobiana en esta prueba realizada (Figura 15).

Así, el resultado obtenido en el análisis microbiológico difiere con lo reportado por (Castro et al., 2017) donde utilizaron aceite esencial de canela a una dosis de 0,05% más quitosano, reportando que sí se tuvo efecto sobre la reducción microbiológica, pero en sinergia con este polímero. Los mismos autores señalan también que en otros estudios se ha determinado que la concentración mínima inhibitoria (CMI) del cinamaldehido se encuentra alrededor de 800 y 1200 ppm.

Figura 14

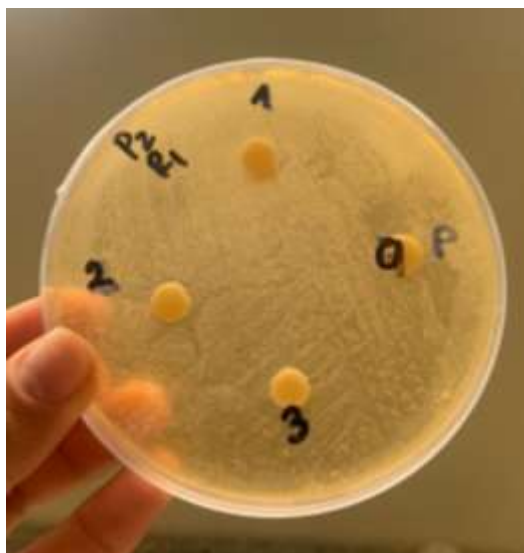
Antibiogramas preparados del recubrimiento comestible



Nota. Los números marcados representan el tratamiento correspondiente: 0: RC con 0% de P.A, 1: RC con 0.4% de P.A, 2: RC con 0.8% de P.A, 3: RC con 1.2% DE P.A

Figura 15

Resultado del antibiograma del recubrimiento comestible, Repetición 1



Nota. Ausencia de halo de inhibición y crecimiento sobre sensidiscos.

Una observación importante de mencionar es que a partir del día 6 se empezó a notar la aparición de pequeños puntos blancos en todos los tratamientos (excepto en el Control), mismos que en laboratorio se determinó eran bacilos propios de la descomposición de la fruta; sin embargo al llegar al último día de evaluación iban reduciendo en cantidad o su proliferación, esto pudo tener relación con el pH y la acidez de la fruta a la fecha, pues como menciona (Rodríguez, 2016) por debajo de un valor de 5 de pH el crecimiento de los microorganismos especialmente bacterias queda inhibido y a un pH de 4,5 o menos ya no se multiplican. Así mismo no se constató la presencia de hongos ni levaduras, y esto concuerda con lo mencionado por (Rodríguez, 2016) donde señala que ellos sólo pueden desarrollarse bajo un pH de 3,5.

La aparición de estos microorganismos en los tratamientos y no en el control permite verificar que también el recubrimiento comestible puede ser un medio indirecto para el crecimiento de

los mismos, sin embargo, se ve contrarrestado por las características químicas propias de la fruta de piña, como lo es su pH y acidez.

Figura 16

Muestra de piña con contaminación microbiana



Nota. Se observan estructuras blancas correspondientes a bacilos propios de descomposición.

Análisis sensorial

Con los resultados de las calificaciones de ficha hedónica efectuada a 10 panelistas, mediante la aplicación de estadística descriptiva y realizando una prueba de comparación de medias (Tabla 12) se determinó que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos; por ello se consideró una puntuación mayor o igual a 4 para considerar el producto aceptable en al menos un atributo evaluado, tomando en cuenta que la cata se realizó al tercer día de preparada la piña mínimamente procesada con la aplicación de los tratamientos, esto debido a que el día 3 fue el que mejores resultados obtuvo con respecto a las variables físico – químicas evaluadas.

Tabla 12

Medias de los resultados obtenidos de las fichas hedónicas para análisis sensorial

Atributo	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	APARIENCIA
Tratamiento	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
T0	3,6	3,9	4	4,1	4,2
T1	3,8	3,8	3,7	3,5	3,6
T2	3,5	3,6	4,3	4,1	3,6
T3	3,7	3,7	4,3	4,2	4,1
T4	3,7	3,5	3,7	3,9	3,6

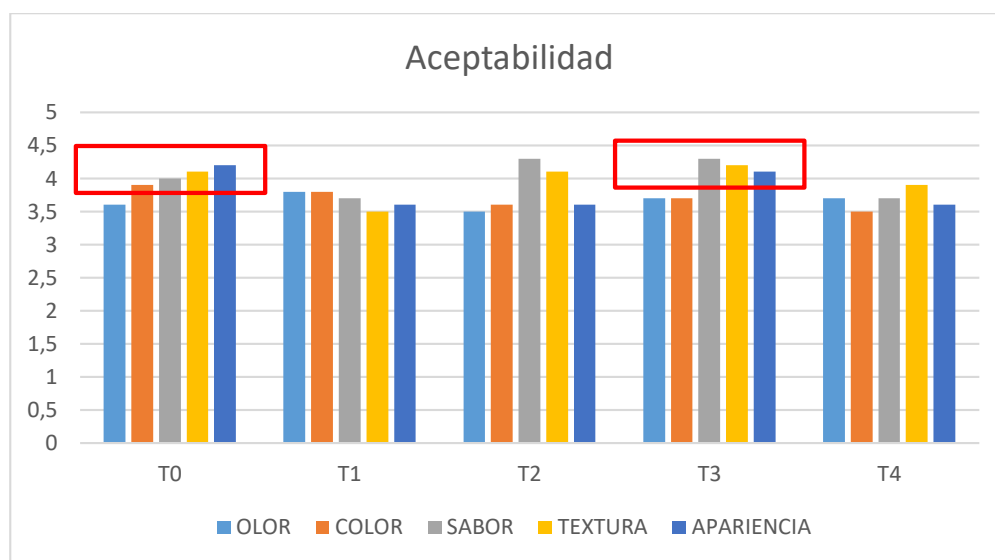
Nota. Medias de los resultados de panelistas en análisis sensorial. Elaboración propia

Partiendo de la puntuación mayor o igual a 4, se determinó entonces que los tratamientos T0 y T3 presentan estos valores en tres de los cinco atributos (sabor, textura y apariencia) en ambos, por lo que se concluye que tuvieron mayor aceptabilidad con respecto a los demás tratamientos (Figura 17), esto indica también que los tratamientos no produjeron sensaciones o sabores residuales que hayan podido ser detectados por los panelistas en comparación con el control.

De acuerdo a (Torri et al., 2010) la piña mínimamente procesada empieza a perder su aroma típico debido a la disminución de compuestos volátiles y el incremento de compuestos azufrados, alcoholes y cetonas, mismos que producen olor a fermentado. (Dussán-Sarria et al., 2014) mencionan también que el tiempo de vida útil para piña mínimamente procesada es de 7 días tratada con cloruros, ácidos y quitosano, por lo que claramente difiere con los resultados obtenidos en la presente investigación, pues el recubrimiento comestible utilizado no contuvo ninguno de los componentes mencionados, siendo evidente la reducción de la vida útil de la fruta.

Figura 17

Gráfico de barras de la aceptabilidad de los tratamientos con respecto a los atributos evaluados



Nota. Se encuentran señalados los tratamientos que tuvieron una buena puntuación.
Elaboración propia

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se realizó el método de extracción y liofilización correctamente para la extracción del principio activo de canela, obteniendo un volumen de producto condensado de 850 mL y de producto liofilizado con maltodextrina como encapsulante de 83 gramos.
- Se puede concluir que el recubrimiento comestible sí tiene efecto sobre la piña mínimamente procesada tanto en los parámetros físicos y químicos, pues dentro de los físicos de todos los días de evaluación, al día 3 se presentan valores que no difieren mucho del control tanto para % de pérdida de peso y firmeza; la variable color claramente presentó diferencias por la perecibilidad del producto, de lo cual, en estos tres parámetros el Tratamiento 2 presentó datos con menor variabilidad considerando la naturaleza de la fruta. De igual manera sucedió para los parámetros químicos, mismos que están relacionados entre sí en cuanto a pH, acidez (% Ácido cítrico) y sólidos solubles totales (°Brix) observándose un mejor comportamiento de los resultados para el Tratamiento 2, tomando en cuenta la diferencia de maduración natural de la parte basal y apical de la fruta de piña.
- La evaluación sensorial aplicada al día 3 de evaluación permitió concluir que el recubrimiento comestible no produjo sensaciones diferentes a la percepción de los panelistas, por lo que no representa un limitante para ser aplicado en piña mínimamente procesada y tener aceptabilidad, pero se debe considerar que entre más días transcurran, la calidad sensorial disminuirá. Finalmente con respecto a las tres dosis del principio activo de canela aplicadas en el recubrimiento comestible frente al Control mediante el antibiograma, se concluye que éstas no inhiben el crecimiento bacteriano, sin embargo se verificó que entre más días de almacenamiento, se llega a un punto que por el pH y acidez de la fruta las bacterias (en este caso) reducen su velocidad de

reproducción, no obstante esto no favorece al producto mínimamente procesado, pues aparte del aspecto no agradable que presenta a los 12 días, también se puede notar que se pierde el aroma típico por el incremento de compuestos azufrados, alcoholes y cetonas que producen malos olores y sabores.

Recomendaciones

- Realizar análisis de cromatografía de gases del producto destilado para conocer los componentes orgánicos mayoritarios que posee, así como la cuantificación del principio activo obtenido por hidrodestilado.
- Probar el método de aplicación multicapa del recubrimiento comestible con la utilización de cloruro de calcio o alginato de sodio con el principio liofilizado de canela para mejorar la calidad del recubrimiento y determinar si se logra potenciar más la barrera antimicrobiana.
- Aplicar el mismo recubrimiento, pero en otras frutas con menor cantidad de humedad para determinar la eficiencia de la formulación del recubrimiento realizado en diferentes medios.
- Probar diferentes tiempos de secado del recubrimiento en la estufa para verificar si existen diferencias en la adhesión del recubrimiento comestible.
- Para futuros trabajos, se recomienda realizar el RC con el polisacárido quitosano (conocido por su actividad antimicrobiana) y comparar resultados con los de la presente investigación, misma que fue con el polisacárido de almidón de maíz.
- Realizar conteos microbiológicos en los días de evaluación para así tener un amplio panorama sobre cómo es el comportamiento de los microorganismos.
- Se recomienda reducir el intervalo de días para la toma de datos, y así determinar cambios en variables muy sensibles.

Bibliografía

- Adiani, V., Gupta, S., & Variyar, P. S. (2020). Microbial quality assessment of minimally processed pineapple using GCMS and FTIR in tandem with chemometrics. *Scientific Reports*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62895-y>
- Anahui, J. (2019). *Producción de piña (Ananas comosus) Golden: Experiencias del IRD SELVA (UNALM) en Satipo - Junín*.
- Barrientos, Á. (2017). UNIVERSIDAD PRIVADA NORBERT WIENER Bachilleres. In *Repositorio institucional - WIENER*.
- Casado, A. (2016). Propiedades antimicrobianas y liberación de cinamaldehído en films de PLA. *Universitat Politècnica de València Intituto de Ingeniería de Alimentos Para El Desarrollo*, 1–21.
- Castro, M., Espinoza, V., García, Y., López, M., Molina, R., & Lavayen, E. (2017). Recubrimiento comestible de quitosano, almidón de yuca y aceite esencial de canela para conservar pera|. *Agroindustria*, 42–53.
- Chavarrías, M. (2010). Liofilización para una mejor conservación. *Consumer*.
- De Ancos, B., González, D., Colina, C., & Sánchez, C. (2015). Uso De Películas/Recubrimientos Comestibles En Los Productos De Iv Y V Gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1), 8–17. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Dussán-Sarria, S., Reyes-Calvache, P. M., & Hleap-Zapata, J. I. (2014). Efecto de un recubrimiento comestible y diferentes tipos de empaque en los atributos físico-químicos y sensoriales de piña “Manzana” mínimamente procesada. *Información Tecnológica*, 25(5), 41–46. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000500007>

- Dussán-Sarria, S., Rivera, M. C., & García-Mogollon, C. A. (2020). Almacenamiento refrigerado de piña mínimamente procesada. Cambios en atributos físico-químicos y sensoriales. *Información Tecnológica*, 31(2), 11–18. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000200011>
- González, M., Valencia, K., Márquez, L., Ramírez, E., & Martínez, A. (2022). *APLICACIONES TERAPÉUTICAS DE LA BROMELINA EN EL SISTEMA GASTROINTESTINAL EN HUMANOS: UNA REVISIÓN DE ALCANCE*. 21(2), 39–49.
- Guaypatín, E. (2019). Producción de biofilms a partir de diferentes matrices biodegradables y evaluación de su actividad antibacteriana. *Universidad Técnica de Ambato*, 1–56.
- (INEN). (2015). *Nte Inen 1836:2015*.
- Lagos, M. (2018). “EFECTO DEL ACEITE DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) en *Botrytis cinerea* Pers. IN VITRO e IN VIVO.” *Universidad Técnica de Ambato*.
- Liberal, D. (2016). Evaluación del potencial antifúngico de los aceites esenciales comerciales de Canela (*Cinnamomum verum* J. Presl) y Laurel (*Laurus nobilis* L.) En el control de *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel, *Epicoccum nigrum* Link, *Curvularia hawaiiensis* Manamgod. In *Ingeniería del agua*.
- Liria, M. R. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. *Instituto de Investigación Nutricional–IIN Consultora-AgroSalud*, 2–45.
- Maldonado, N. F. (2016). *DESARROLLO Y ESTUDIO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE CARRAGENINA PARA PIÑA DE IV GAMA*. 1–138.
- Mantilla, N., Castell-Perez, M., Gomes, C., & Moreira, R. (2021). Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *LWT-Food Science and Technology*, 51(1), 695–703. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.105300>

antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple
(*Ananas comosus*)

Morales, M., Hernández, M. S., Cabezas, M., Barrera, J., & Martínez, O. (2001).

Caracterización de la maduración del fruto de pina nativa (*Ananas comosus* L. Merrill) cv.
India. *Agronomía colombiana*, 18(1/3), 63–69.

Moreira, R.; Uguña, F. (2018). Diagnóstico Base Del Cultivo De Piña En Ecuador Con Énfasis
En El Cultivo Del Cultivar “Criolla O Milagreña.” *ResearchGate*, January.

Peinado, M. (2020). *El fascinante interior de una piña*.

<http://www.sobreestoyaquello.com/2020/05/el-fascinante-interior-de-una-pina.html>

PortalFrutícola.com. (2016). *Diferencia entre especies climáticas y no climáticas. Listado*.

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/11/28/lista-de-frutas-climatericas-y-no-climatericas-etileno-y-maduracion/>

Quintero, J., Falguera, V., & Muñoz, A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles:

importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*, 1(5),
93–118.

Rao, P. V., & Gan, S. H. (2014). Cinnamon: A multifaceted medicinal plant. *Evidence-Based
Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 1–12.

<https://doi.org/10.1155/2014/642942>

ResearchandMarkets. (2022). *Pineapple Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and
Forecasts (2022 - 2027)*.

<https://www.researchandmarkets.com/reports/5572903/pineapple-market-growth-trends-covid-19>

Retana, J. P. (2015). *Manual Agronómico Cultivo de la Piña*. 1–31.

- Rodríguez, M. (2016). *Variabilidad de la inactivación microbiana y de la fase de latencia de los microorganismos supervivientes a un proceso de acidificación*. 247.
- Rohweder, O. (2019). B. Bromeliaceae. *Die Farinosae in Der Vegetation von El Salvador*, 13–97. <https://doi.org/10.1515/9783110878301-004>
- SENA. (1991). Cultivo de Piña. In *Subdirección de formación profesional y desarrollo; regional norte de Santander Bogotá División sector primario y Extractivo* (Issue July).
- Silveira, A. C. (2017). Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos de IV gama o mínimamente procesados. *Agrociencia (Uruguay)*, 21(1), 1–6.
- Solano, L., Alamilla, L., & Jiménez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 21, 30–42. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Torri, L., Sinelli, N., & Jimbo, S. (2010). Shelf life evaluation of fresh-cut pineapple by using an electronic nose. *Postharvest Biology and Technology*, 56(3), 239–245.
- Vargas, V. (2009). *Manejo Técnico del Cultivo de Piña*.
- Vasconcelos, N. G., Croda, J., & Simionatto, S. (2018). Antibacterial mechanisms of cinnamon and its constituents: A review. *Microbial Pathogenesis*, 120(April), 198–203. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.04.036>
- Villanueva, L. (2018). *Evaluación de diferentes estrategias químicas, físicas y biológicas para el desarrollo de productos vegetales de calidad enteros o mínimamente procesados*. 1–331.
- Zambrano, J., Valera, A., Maffei, M., Materano, W., Quintero, I., & Graterol, K. (2017). Efecto de un recubrimiento comestible formulado con mucílago del cactus (*Opuntia elatior* mill.) sobre la calidad de frutos de piña mínimamente procesados. *Bioagro*, 29(2), 129–136.

Carpeta Drive: <https://drive.google.com/drive/folders/1-GG2ov65sOQ0KXGIH7eEILHgc5Vt7UA->