



Evaluación del efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de la cáscara de toronja como ingrediente de un recubrimiento comestible en manzanas (*Malus domestica*) mínimamente procesadas

Chipugsi Loachamin, Kevin Eduardo

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Mgt.

14 de agosto, 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Evaluación del efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de la cáscara de toronja como ingrediente de un recubrimiento comestible en manzanas (*Malus domestica*) mínimamente procesadas.** fue realizado por: **Chipugsi Loachamin, Kevin Eduardo**; 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, 14 de agosto del 2022



Firma digitalizada 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 de Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Chipugsi Loachamin, Kevin Eduardo**, con cédula de ciudadanía No. 1723153761, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación del efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de la cáscara de toronja como ingrediente de un recubrimiento comestible en manzanas (*Malus domestica*) mínimamente procesadas**. 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, 14 de agosto del 2022

Chipugsi Loachamin, Kevin Eduardo

C.C.: 1723153761



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo **Chipugsi Loachamin, Kevin Eduardo**, con cédula de ciudadanía No.1723153761 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación del efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de la cáscara de toronja como ingrediente de un recubrimiento comestible en manzanas (*Malus domestica*) mínimamente procesadas.** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 14 de agosto del 2022

Chipugsi Loachamin, Kevin Eduardo

C.C: 1723153761

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

CHIPUGSI_KEVIN_TESINA.docx

Scanned on: 15:29 August 11, 2022 UTC



Identical Words	354
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	311
Omitted Words	1004



Firmado electrónicamente por:
GABRIEL
ALEJANDRO LARREA
CEDENO

Ing. Gabriel Alejandro Larrea Cedeño, Mgt.

Director – Tutor del Trabajo

Dedicatoria

A mi mami y mi papi, quienes son mi fuente de motivación para mi superación como persona y profesional, su ejemplo de esfuerzo y trabajo me han inspirado a seguir adelante, ante cualquier problema o circunstancia que se presente en mi vida, pues me han enseñado que siempre habrá solución.

Agradecimiento

A Dios, mi Mamina (Abuelita) y mis angelitos, por guiarme, cuidarme y sobre todo por haberme llevado por el camino adecuado para encontrar mi razón de ser.

A mi mami Miryam y papi Fausto quienes me han apoyado incondicionalmente en cada una de las decisiones que he tomado para llegar a alcanzar una más de mis metas en esta vida, realmente es un orgullo ser su hijo, sobre todo por haberme enseñado a valorar el esfuerzo que han hecho por brindarme una educación de calidad.

A mi hermana Kerly y mi hermano Anthony, que han sido las personas que me han apoyado emocionalmente y siempre han estado dispuestos a ayudarme sin importar el tiempo, es muy bonito haber coincidido con ustedes en esta vida.

Al Ing. Gabriel Larrea, por su apoyo y paciencia durante todo el proceso que con llevó la realización del trabajo de titulación, más que un profesor, un amigo. A la Ing. Jakeline Torres quién me apoyó durante todo mi proceso de ingreso a la mejor carrera del país y del mundo. Muchas gracias por todo.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a la carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, por darme la oportunidad de poder formarme como un excelente profesional.

A mis amigos y a Sharline, por hacer de mi paso por el IASA y todo este tiempo algo ameno, divertido y sobre todo saber que no estoy solo, y siempre tendré en quien poder confiar. Realmente les agradezco porque con sus consejos y palabras me han ayudado a creer en mí a mejorar como persona, estudiante y sobre todo a alcanzar una meta más en mi vida.

Kevin Chipugsi L.

Índice de contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Responsabilidad de Autoría	3
Autorización de Publicación	4
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos	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
General.....	20
Específicos.....	20
Hipótesis	20
Capítulo II.....	21
Marco teórico	21
Manzana (<i>Malus domestica</i>).....	21
Clasificación taxonómica.....	22

Producción y consumo en Ecuador	22
Composición química de la fruta.....	22
Ácidos orgánicos	24
Péptidos	24
Enzimas	24
Variedades	24
Anna.....	24
Índice de maduración para cosecha.....	27
Toronja (<i>Citrus paradisi</i>).....	27
Origen	27
Clasificación taxonómica.....	28
Anatomía de la cáscara de toronja.....	28
Cutícula	28
Epicarpio	28
Albedo.....	29
Endocarpio	29
Usos	29
Propiedades de los compuestos presentes en la cáscara de toronja	29
Actividad antibacteriana	29
Actividad antioxidante	30
Aceites esenciales	30
Composición química del aceite esencial de toronja	31
Pardeamiento enzimático	32
Antioxidantes.....	32

	10
Modo de acción de los antioxidantes.....	32
Agentes antioxidantes.....	33
Liofilización	33
Métodos de destilación.....	34
Hidrodestilación	34
Recubrimientos comestibles.....	35
Origen	36
Composición de un recubrimiento comestible	36
Carbohidratos	36
Proteínas	36
Lípidos.....	37
Tensoactivos	37
Plastificante.....	37
Importancia.....	38
Formas de aplicación de un recubrimiento comestible	38
Capítulo III.....	40
Metodología	40
Ubicación del lugar de investigación	40
Etapa 1: Adquisición del material vegetal	40
Ubicación del lugar donde se obtuvo el material vegetal	40
Manzana	40
Toronja.....	40
Etapa 2: Limpieza y desinfección del material vegetal.....	40
Toronja.....	40

Manzana	41
Etapa 3: Obtención del aceite esencial de toronja.....	41
Etapa 4: Encapsulación	42
Etapa 5: Liofilización del aceite esencial de toronja.....	42
Etapa 6: Recubrimiento comestible	42
Formulación del recubrimiento comestible.....	42
Elaboración	42
Etapa 7: Recubrimiento de los trozos de manzana	43
Etapa 8: Secado y almacenamiento en refrigeración.....	43
Etapa 9: Medición de variables	44
Variables fisicoquímicas	44
Acidez titulable.....	44
Índice de oscurecimiento (color).....	44
Grados Brix.....	45
Textura (resistencia a la penetración)	45
Pérdida de peso (%)	45
Variable microbiológica	46
Presencia o ausencia microbiana	46
Análisis sensorial.....	46
Diseño experimental	47
Modelo matemático.....	47
Atributos sensoriales.....	48
Presencia o ausencia de microorganismos.....	48
Croquis experimental	48

	12
Factores	48
Variable de entrada.....	48
Variables de respuesta	48
Tratamientos y nivel de los factores	49
Manejo del experimento.....	49
Análisis de resultados	50
Capítulo IV	51
Resultados y discusión	51
Resultados.....	51
Obtención del principio activo.	51
Formulación del recubrimiento comestible.	51
Evaluación de los parámetros fisicoquímico	52
Índice de oscurecimiento	55
Pérdida de peso	56
Textura.....	57
Grados Brix.....	58
Acidez (% ácido málico).....	59
Evaluación del parámetro microbiológico.....	60
Evaluación del parámetro sensorial	61
Discusión.....	62
Extracto liofilizado de la cáscara de toronja.....	62
Recubrimiento comestible a base del extracto liofilizado de la cáscara de toronja	63
Acción del recubrimiento comestible sobre los trozos de manzana	64
Variable microbiológica.....	64

Atributos sensoriales.....	65
Variables fisicoquímicas	66
Capítulo V	69
Conclusiones y recomendaciones	69
Conclusiones	69
Recomendaciones.....	70
Bibliografía.....	71

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la manzana	22
Tabla 2 Composición química y nutricional por cada 100g de pulpa de manzana	23
Tabla 3 Características de las principales variedades de manzana cultivadas en el Ecuador	26
Tabla 4 Clasificación taxonómica de la toronja.....	28
Tabla 5 Compuestos químicos que conforman el aceite esencial de toronja	31
Tabla 6 Componentes de los recubrimientos comestibles.	43
Tabla 7 Tratamientos utilizados sobre los trozos de manzana	49
Tabla 8 Características sensoriales de las formulaciones.....	51
Tabla 9 Orden de los ingredientes del Recubrimiento comestible	52
Tabla 10 ANAVA de las variables fisicoquímicas de los trozos de manzana.....	53
Tabla 11 Media \pm desviación estándar para las variables fisicoquímicas de los trozos de manzana. .	54
Tabla 12 Tabla de contingencia para la ausencia o presencia de microorganismos	60
Tabla 13 Media \pm desviación estándar para los atributos sensoriales de los trozos de manzana.....	61

Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de la composición de un hidrodestilador.....	35
Figura 2 Croquis del experimento.....	48
Figura 3 Esquema de la unidad experimental.....	50
Figura 4 Media \pm error estándar del color de los trozos de manzana a lo largo del tiempo	55
Figura 5 Media \pm error estándar de la pérdida de peso de los trozos de manzana en el tiempo	56
Figura 6 Media \pm error estándar de la textura (Kg-f) de los trozos de manzana a lo largo del tiempo	57
Figura 7 Media \pm error estándar de los °Brix de los trozos de manzana a lo largo del tiempo	58
Figura 8 Media \pm error estándar de la acidez de los trozos de manzana a lo largo del tiempo	59
Figura 9 Porcentaje de presencia o ausencia de microorganismos en los diferentes tratamientos. ..	60
Figura 10 Atributos sensoriales de los trozos de manzana	61

Resumen

En la presente investigación se evaluó el efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de la cáscara de toronja como ingrediente de un recubrimiento comestible en manzanas (*Malus domestica*) mínimamente procesadas. El uso de recubrimientos comestibles sobre productos de gama IV o mínimamente procesados, en la actualidad representa una solución a las pérdidas de alimentos por pardeamiento enzimático, inhibiendo la acción de los sustratos o del oxígeno, controlando así las características fisicoquímicas y sensoriales de la manzana obteniendo así un producto que es apetecible por el consumidor. Este trabajo fue ejecutado en el taller de postcosecha ubicado en la Hda. El Prado, de las Universidad de las Fuerzas Armadas, donde se obtuvo un extracto liofilizado de toronja (ELT), para luego ser utilizado como base en la formulación de un recubrimiento comestible con diferentes concentraciones del mismo (2%, 4%, 6% y un control), donde se evaluó su funcionalidad por un lapso de 12 días. Por medio de un diseño completamente al azar con parcelas divididas y un análisis en el software Infostat con la interfaz de R, donde existieron diferencias significativas para la variable de textura (Kg-f), tanto en los días ($F=16,6$; $P<0.0001$), nivel de ELT ($F=36,10$; $P<0.0001$) y la interacción nivel de ELT*días ($F=3,01$; $P=0.0044$), además se determinó que trozos de manzana recubiertos con ELT al 4% y 6% no mostraron la presencia de microorganismos, 12 días de análisis con respecto al tratamiento control, por otra parte el análisis sensorial mostró que el T3 presentó visualmente un menor pardeamiento que el resto de tratamientos. Esta investigación demostró que el extracto liofilizado de la cáscara de toronja como base para un recubrimiento comestible, mantiene la textura a lo largo de 12 días, pero no la oxidación de las mismas, a pesar de que sensorialmente este último aspecto visualmente se mostró efectivo al control del pardeamiento enzimático.

Palabras clave: Manzana, recubrimiento comestible, antioxidante.

Abstract

In the present investigation, the functional antioxidant effect of lyophilized grapefruit peel extract as an ingredient of an edible coating on minimally processed apples (*Malus domestica*) was evaluated. The use of edible coatings on range IV or minimally processed products currently represents a solution to food losses due to enzymatic browning, inhibiting the action of substrates or oxygen, thus controlling the physicochemical and sensory characteristics of obtaining apple thus a product that is appealing to the consumer. This work was carried out in the post-harvest workshop located in the Hda. El Prado, from the University of the Armed Forces, where a lyophilized extract of grapefruit (ELT) was obtained, to later be used as a base in the formulation of an edible coating with different concentrations of it (2%, 4%, 6% and a control), where its functionality was evaluated for a period of 12 days. By means of a completely randomized design with divided plots and an analysis in the Infostat software with the R interface, there were significant differences for the texture variable (Kg-f), both in the days ($F=16.6$; $P<0.0001$), level of ELT ($F=36.10$; $P<0.0001$) and the interaction level of ELT*days ($F=3.01$; $P=0.0044$). In addition, it was determined that pieces of apple coated with ELT at 4% and 6% did not show the presence of microorganisms, 12 days of analysis with respect to the control treatment, on the other hand, the sensory analysis showed that T3 visually presented less browning than T3. rest of treatments. This research showed that the lyophilized extract of grapefruit peel as a base for an edible coating, maintains its texture over 12 days, but not its oxidation, despite the fact that sensorily this last aspect was visually effective when control of enzymatic browning.

Keywords: Apple, edible coating, antioxidant.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Una vez que han sido cosechados frutos y hortalizas, empiezan a ocurrir nuevos procesos fisiológicos que generan su deterioro, esto se debe principalmente a la actividad metabólica del fruto y también a la presencia de microorganismos, lo cual repercute directamente sobre su presentación al consumidor y vida útil (Ioannou, 2013).

Una de las frutas con mayor demanda y consumo en el Ecuador es la manzana (*Malus domestica*), este fruto contiene un alto nivel de polifenoles, vitaminas y ácidos orgánicos, lo cual la convierte en un alimento necesario en la salud humana.

Sin embargo, una vez que esta es cortada los polifenoles presentes en esta fruta se oxidan hasta sus formas quinónicas por acción de un complejo de enzimas conocidas como polifenoloxidasas (PPO) provocando un pardeamiento en la pulpa o tejido expuesto (Piedra, 2017), y de hecho la oxidación es la segunda causa más importante de deterioro de los alimentos después de la inducida por la contaminación microbiológica, lo que perjudica la calidad y características del producto (Zhang et al., 2019).

Esta situación ha provocado que la comercialización de la manzana como fruta cortada (gama IV o mínimamente Procesada) este limitado, pues este pardeamiento, así como la pérdida de sus características organolépticas y nutricionales, no son del agrado del consumidor, prefiriendo el consumo de otros alimentos. Por otra parte, la demanda constante de fruta mínimamente procesada para la elaboración de postres y ensaladas ha aumentado en los últimos años por parte de la industria de la comida rápida, debido a que resulta más eficiente tener la fruta ya cortada para poder servirla al cliente que exige productos naturales y sanos.

Pero, debido a que frutas como la manzana sufren de este pardeamiento enzimático, resulta difícil su almacenamiento, por lo que, sería útil la aplicación de una tecnología de conservación

(recubrimientos comestibles) que permita alargar su tiempo de consumo una vez cortada en trozos, lo que generaría beneficios tanto para los productores de la fruta, los que la procesan y a la industria de la comida rápida.

Justificación

Dentro de las alternativas en postcosecha para contrarrestar esta pérdida de calidad en frutos y hortalizas cortadas se encuentran los recubrimientos comestibles (RC), elaborados a partir de un principio activo como aceites esenciales, proteínas y polímeros, los cuales son efectivos para retrasar la maduración excesiva y la senescencia a través de la regulación de la humedad, los solutos, inhibición de otros compuestos y el intercambio gaseoso que ocurre en postcosecha (Assis et al., 2012).

Como se menciona en la formulación de un RC se requieren de varias materias primas que cumplen diferentes funciones, siendo la principal, generar una capa que proteja al producto, es así que con el objetivo de evitar el pardeamiento se pretende usar el aceite esencial de toronja sometido a un proceso de liofilización para poderlo integrar a la formulación del RC, así como mantener las propiedades del aceite esencial y sobre todo poderlo almacenar sin necesidad de refrigeración

El aceite esencial de toronja será utilizado debido a que posee propiedades antioxidantes, un pH ácido y actividad antimicrobiana, características que disminuyen el pardeamiento en la manzana, impidiendo que se lleguen a formar las quinonas.

Esto implicaría una alternativa para que toda la fruta cosechada pueda llegar al consumidor, lo que también podría generar una oportunidad para los productores de esta fruta, en el mercado de la comida rápida, donde se ha empezado a usar productos como manzana cortada para preparar ensalada de frutas o postres que son vendidos al instante.

En este trabajo se propone evaluar la actividad antioxidante de un recubrimiento comestible a base de un liofilizado de la cáscara de la toronja que evite el pardeamiento y pérdidas en las características fisicoquímicas en manzanas cv. Anna mínimamente procesadas.

Objetivos

General

Evaluar el efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de la cáscara de toronja como ingrediente de un recubrimiento comestible en manzanas (*Malus domestica*) mínimamente procesadas.

Específicos

Obtener el principio activo presente en la cáscara de toronja para su liofilización.

Formular un recubrimiento a base del principio activo extraído de toronja, bajo diferentes niveles, sobre trozos de manzana.

Evaluar los parámetros físico-químicos, microbiológicos, sensoriales de la manzana con y sin la aplicación de 3 recubrimientos comestibles bajo refrigeración a 0, 3, 6, 9 y 12 días de almacenamiento a 6°C

Hipótesis

H1: La aplicación de un recubrimiento comestible a base del extracto liofilizado de la cáscara de toronja mantiene las características físico-químicas a lo largo de 12 días de estudio, en trozos de manzana mínimamente procesados.

H0: La aplicación de un recubrimiento comestible a base del extracto liofilizado de la cáscara de toronja no mantiene las características físico-químicas a lo largo de 12 días de estudio, en trozos de manzana mínimamente procesados.

Capítulo II

Marco teórico

Manzana (*Malus domestica*)

La manzana es la especie frutal más cultivada a nivel mundial, debido a sus características organolépticas y nutricionales lo que ha hecho que sea un fruto con una gran demanda, su origen no es cierto sin embargo se tiene registros que puede haber sido en Asia específicamente en Turkestán y el Cáucaso, esto debido a la gran diversidad de colores, sabores y formas de la fruta, que se han encontrado en estas áreas.

Esta especie fue primeramente introducida a Europa y posteriormente a América por los ingleses en el siglo XVII (Allauca, 2018). Su gran adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas, así como una gran resistencia a climas muy fríos, ha permitido su cultivo en regiones o países con climas relativamente templados y fríos (Allauca, 2018).

La producción mundial de manzana ha aumentado en la última década, pasando desde 71.500 millones de toneladas en 2012-2013 hasta más de 77.000 millones en 2016-2017, donde China es el principal productor con el 56% de la producción mundial, seguido de Europa y Estados Unidos y Europa con 16% y 6% respectivamente. Por otra parte, en Sudamérica los principales países productores de manzanas son; Chile con 29%, luego Brasil con 22%, y Argentina con 11%, respecto al resto de continentes le sigue Sudáfrica con 19%, Nueva Zelanda con 12%(Loreto, 2021).

Clasificación taxonómica

La manzana posee las siguientes características taxonómicas:

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la manzana

Categoría	Taxón
Reino	Vegetal
División	Espermatophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotyledonea
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Subfamilia	Pomoidea
Género	<i>Malus</i>
Especie	<i>M. domestica</i>
Variedad	Anna

Nota. La tabla representa la clasificación taxonómica de la manzana. Tomado de: (Allauca, 2018).

Producción y consumo en Ecuador

Desde la época de los 90, la producción de manzana ha decrecido debido a problemas en el manejo fitosanitario, poda, nutrición y mejora de los cultivares, así como una falta de investigación e incentivo de su cultivo, todo esto aumentado al cambio de moneda ocurrido en los años 2000, provocó que el cultivo sea olvidado. Hoy en día se mantienen este cultivo principalmente en la provincia de Tungurahua, Chimborazo y Azuay, ocupando alrededor de 1000 ha. A pesar de esta área cultivada, la producción nacional no satisface la demanda, por lo que se importa gran cantidad de esta fruta de Chile. Referente al consumo, hasta el 2014 se tiene datos de un consumo per cápita de 3,79Kg(Viera, 2016).

Composición química de la fruta

La composición química de las manzanas varía dependiendo del cultivar, localización, clima, madurez, y prácticas agronómicas. Los carbohidratos son el principal compuesto de este fruto, como, almidones, azúcares, pectina, celulosa y hemicelulosa. Las manzanas inmaduras contienen alrededor de 3-4% de almidón, y una vez alcanzada la madurez, el almidón es transformado

mayormente en fructosa. Las manzanas maduras y frescas contienen cerca del 15% de carbohidratos, de los cuales la mayoría son azúcares, tales como, fructosa (5-7%), sacarosa (3-5%) y glucosa (1-2%)(Loreto, 2021).

La composición vitamínica de la manzana cambia dependiendo si se consume con o sin su piel, donde la vitamina C es la más abundante, con un contenido de aproximadamente 5mg/100 g de manzana. También es una buena fuente de componentes fenólicos con un total de componentes fenólicos extraíbles del fruto entre 110 y 357 mg/ 100 g de manzana fresca, dentro de los cuales, las antocianinas es el más común y se encuentra en la piel del fruto, posee una alta actividad antioxidante. La pulpa contiene otros compuestos interesantes para la salud como catequinas, procianidinas, floridzina, floretina y ácido clorogénico (Loreto, 2021).

Tabla 2

Composición química y nutricional por cada 100g de pulpa de manzana

Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Agua	80-92g	Niacina	0.091-0.2mg
Cenizas	0.3g	Ácido pantoténico	0.06-0.03mg
Carbohidratos	12.15g	Ácido fólico	0.03mg
Lípidos	0.17-0.6g	Calcio	6-7mg
Proteínas	0.1-0.3g	Fósforo	10-11mg
Fibra	1-2.3g	Hierro	0.12-0.3mg
Ácido málico	0.6g	Yodo	0.066mg
Ácido cítrico	0-0.3g	Sodio	1-15mg
Ácido oxálico	1.5g	Potasio	107-116mg
Pectina	0.4g	Magnesio	5-6mg
Vitamina A	0.03mg	Cloro	4mg
Vitamina C	5-17mg	Azufre	4-5mg
Vitamina E	0.003mg	Cobre	0.1mg
Vitamina B1	0.017-0.040mg	Manganeso	0.07-0.11mg
Vitamina B2	0.03mg	Zinc	0.04-0.07mg
Vitamina B6	0.02-0.041mg	Contenido calórico	50kcal

Nota. La tabla muestra la composición química y nutricional por cada 100g de pulpa de manzana. Tomado de: (Paredes, 2012)

Ácidos orgánicos

El ácido más abundante en la manzana es el ácido málico, aunque también se puede encontrar el ácido cítrico, oxálico y láctico en cantidades inferiores, todos estos compuestos generan la acidez y el sabor característico de la fruta, y además actúan como antioxidantes y antimicrobianos (Paredes, 2012).

Péptidos

La manzana presenta pectina, pectina y ácido péptico en su mayor parte en frutos verdes, maduros y sobre madurados, cuya función dar el soporte a las células vegetales (Paredes, 2012).

Enzimas

Este fruto es rico en enzimas oxidativas las cuales cumplen la función de la transformación e hidrólisis de los hidratos de carbono, aceites y proteínas. Dentro de estas oxidativas encontramos a las polifenoloxidasas (PPO) y peroxidativas que al reaccionar con el oxígeno después de un corte provocan el pardeamiento en la pulpa (Paredes, 2012).

Variedades

Las variedades o cultivares (variedad comercial) explotadas en los valles interandinos templados del Ecuador son Anna y Dorsett Golden, el primero como material comercial y el segundo como polinizante.

Anna

Cultivar israelita obtenido al cruzar las variedades Golden Delicious y Hadasia Roja; tiene bajo requerimiento de frío y gran calidad del fruto. Esta variedad tiene una forma semi alargada un peso promedio de 150g, 40% de color rojizo, con estrías oscuras, y un fondo verdoso. Al madurar posee una firmeza de 20 lbf/pulg² de firmeza con 12% de sólidos solubles (Soria & Viteri, 1995).

Tiene la tendencia a florear dos veces al año, donde se puede recalcar su tiempo de flor a cosecha que es de 120 días y posee una vigorosidad media (Soria & Viteri, 1995). En el Ecuador se ha plantado dicho cultivar desde los 1300-2500msnm, sin embargo, produce muy bien de 1500-2000 msnm. Requiere entre 250-300 horas frío (HF) y de polinizadores (Vásquez, 2000).

Respecto a su rendimiento se tiene datos que en Israel país de origen se han logrado rendimientos de 50 ton/ha y hasta 100 ton métricas/ha. En Costa Rica, en huertos de cuatro años de edad, las producciones son de 15 ton/ha. En el Ecuador, se habla de aproximadamente 4.500 ha sembradas en manzano que producen en promedio 6.8 ton/ha (Botero & Morales, 2000).

Tabla 3

Características de las principales variedades de manzana cultivadas en el Ecuador

Variedad	Requerimiento de horas frío (HF)	Época de cosecha	Desarrollo del árbol	Resistencia a la manipulación	Color de la corteza
Anna	300	Mayo-Junio	Poco vigoroso	Buena	Rojo con fondo verde
Dorsett Golden	350	Mayo-Junio	Poco vigoroso	Buena	Amarilla con tonos rojizos
Slor	500	Mayo-Junio	Vigoroso-medio	Media	Amarillo con pocos lugares rojos
Gravenstein	600	Diciembre-Enero	Vigor medio	Baja	Amarillo con estrías rojas
Alaska	600	Mayo-Junio	Vigoroso	Media	Verde amarillento
Royal Gala	650	Marzo-Abril	Vigoroso	Buena	Amarillo con estrías rojizas
Red Delicious	650	Abril-Mayo	Muy vigoroso	Muy buena	Rojo intenso puntos amarillos
Cripps Pink	650	Septiembre-October	Vigoroso	Buena	Verde amarillento con zonas rojizas
Emilia	700	Febrero-Mayo	Muy vigoroso	Baja	Amarillo y rojo con lugares insolados
Rome Beauty	700	Febrero-Marzo	Vigoroso	Buena	Amarillo y rojo estriados
Golden Delicious	800	Abril-Mayo	Vigor medio	Baja	Amarillo intenso

Nota. La tabla muestra las diferentes variedades de manzana que son cultivadas e investigadas en el Ecuador. Tomado de: (Paredes, 2012)

Índice de maduración para cosecha

El cultivar Anna tiene un rango de 110 a 130 días desde flor a cosecha, un valor como referencia para el punto de corte es de 4-6 kg-f de presión medidas con penetrómetro. Una presión de 4 kg-f o menos, es la que se encuentra en frutos sobremaduros y suaves (Soria & Viteri, 1995).

Otra manera de identificar el punto de corte, es utilizando la prueba de Yodo, donde se provoca la reacción entre este compuesto con el almidón presente en la pulpa de la fruta la cuál es mayor cuando es inmadura, se mezcla 24g de yoduro de potasio en un litro de agua (Vásquez, 2000).

Para la cosecha del cv. Anna se puede considerar el color externo, donde se cosecharán aquellas que posean un 75% de coloración rojizo, este parámetro siempre y cuando no haya presentado sombreamiento o un mal manejo nutricional (Soria & Viteri, 1995).

También se puede usar la cantidad de azúcar como índice para verificar el nivel de maduración este nivel se encuentra entre 10-11°Brix, usando un refractómetro (Vásquez, 2000).

Toronja (*Citrus paradisi*)

Origen

Toronja (*Citrus paradisi*), o pomelo, es un híbrido cuyo origen de acuerdo a varias investigaciones, es un cruce natural entre el naranjo dulce (*C. sinensis*) y el pummelo (*C. maxima*) producido en la India Occidental. Hoy en día es la segunda fruta cítrica más importante a nivel mundial; debido a sus múltiples beneficios para la salud humana. La toronja es cultivada en países tropicales y subtropicales, siendo los mayores productores a nivel mundial: Estados Unidos, Sudáfrica, China, Israel y México (Muñiz et al., 2016).

Las diferentes especies de este fruto cítrico se dividen por el color de la pulpa, van desde el amarillo, rojo, rosa, pasando hasta por el anaranjado; estas últimas deben su color a la presencia de carotenoides (licopenos) que son pigmentos antioxidantes. Mientras más sea el contenido de estos pigmentos, mayor es la tonalidad de la pulpa, independientemente al color de la cáscara. Las

variedades mayormente conocidas de toronja de carne blanca, son Duncan y Marsh; para las de especie de carne rosada o roja se encuentran la Star Ruby, Red Blush y Río Red (Muñiz et al., 2016).

Clasificación taxonómica

Según el sistema de clasificación, la especie vegetal tiene la siguiente posición taxonómica.

Tabla 4

Clasificación taxonómica de la toronja

Categoría	Taxón
Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Magnoliopsida
Orden	Sapindales
Familia	Rutaceae
Género	<i>Citrus</i>
Especie	<i>C. paradisi</i>

Nota. La tabla muestra la clasificación taxonómica de la toronja. Tomado de: (Muñiz et al., 2016)

Anatomía de la cáscara de toronja

Cutícula

Los cítricos están cubiertos con una cutícula muy delgada (menos de 3 μm), que consiste en de material polimerizado y ceras naturales. La cutícula protege el fruto contra insectos y microorganismos y regula el intercambio de gases como el oxígeno y el dióxido de carbono. También limita la pérdida de agua (Berk, 2016).

Epicarpio

Bajo la cutícula, se encuentra la capa externa de la cáscara, o el epicarpio, se conoce como flavedo (del latín flavus que significa amarillo). Lleva los pigmentos de la piel concentrada en cuerpos subcelulares o plástidos, cloroplastos si son verdes o cromoplastos si son de color amarillo, naranja o rojo. También contiene el aceite esencial presente en la cáscara, atrapados en glándulas cuasi esféricas, de 10 μm a alrededor de 0,5 mm de diámetro (Berk, 2016).

Albedo

La capa intermedia, debajo del flavedo, es el mesocarpio, también conocido como albedo (del latín albus, que significa blanco) o médula.

El albedo es un tejido blanco esponjoso, particularmente rico en sustancias pécticas. Su espesor varía ampliamente entre las diferentes variedades de cítricos, desde unos pocos milímetros en mandarinas hasta 1-2 cm o más en pomelos (Berk, 2016).

Endocarpio

Dentro de la fruta, debajo de la cáscara, se encuentra el endocarpio. En las variedades comestibles, el endocarpio constituye la mayor parte de la fruta. Se divide radialmente en segmentos o carpelos, delimitado por cubiertas de segmento o membranas (Berk, 2016).

Usos

Los frutos en fresco se consumen en las comidas de entrada o de postre y procesados en mermeladas o en jugos, tanto naturales como concentrados. La industria aprovecha una parte de la producción principalmente para la elaboración de jugos, envasado de gajos y pequeñas cantidades para mermeladas (Villa, 2017).

Otra alternativa viable para alargar la vida de anaquel y mejorar la conservación de los alimentos es la elaboración de películas o cubiertas comestibles y empaques activos. Se han diseñado propuestas en donde es posible la obtención de películas activas biodegradables elaboradas con residuos sólidos orgánicos (Muñiz et al., 2016).

Propiedades de los compuestos presentes en la cáscara de toronja**Actividad antibacteriana**

Los polifenoles representan uno de los componentes abundantes en las cáscaras de toronja (*C. paradisi*). Estos compuestos tienen funciones de defensa como agentes antimicrobianos en la planta. Con extractos etanólicos del pericarpio, mesocarpio y membrana de una variedad de

pomelos se ha encontrado un potencial antimicrobiano de los fenoles, taninos, flavonoides, saponinas y terpenoides contra *Escherichia coli* (Deng et al., 2020).

Actividad antioxidante

Los polifenoles y casi todos los flavonoides tienen la capacidad de actuar como antioxidantes, las flavonas y catequinas parecen tener una mayor actividad, protegiendo a nuestro cuerpo de las especies reactivas de oxígeno (ERO).

Los flavonoides estabilizan a estas especies reactivas, debido a la alta reactividad de su grupo hidroxilo que reaccionan con los radicales libres inactivándolos. Por mencionar, la rutina presente en las cáscaras de *C. paradisi*, se le ha considerado como un eliminador de radicales libres, la capacidad que esta tiene en la eliminación de las ERO puede deberse a la inhibición de la enzima xantina oxidasa, misma que se ha relacionado su participación en una vía importante del daño oxidativo en tejidos.

Aceites esenciales

Son químicamente una mezcla compleja y muy variables de hidrocarburos alicíclicos (terpenos) compuestos que por lo general son líquidos y rara vez sólidos.

Los aceites esenciales del género Citrus contienen del 85 al 99% componentes volátiles y del 1 al 15% componentes no volátiles (Villa, 2017). Siendo los compuestos volátiles una mezcla de monoterpenos (limoneno), sesquiterpenos, hidrocarburos y sus derivados hidrocarburos oxigenados como: aldehídos, cetonas, ácidos, alcoholes y ésteres. Los monoterpenos representan el 97% de la composición del aceite de cítricos junto con los alcoholes, aldehídos y ésteres, siendo el rango de porcentajes encontrados en los componentes de los aceites esenciales, entre el 1,8 hasta 2,2% (Muñiz et al., 2016). El componente químico principal de los aceites de cítricos es limoneno, que se encuentra desde 32 hasta 98%; en naranja dulce contiene entre 68 y 98%, limón entre 45 y 76% y bergamota con 32 y 45% (Villa, 2017).

Por otra parte, debemos resaltar que el aceite esencial de la *C. paradisi* contiene monoterpenos, principalmente: γ -terpineno y d-limoneno los que, además, tienen actividad antioxidante y antimicrobiana (Muñiz et al., 2016).

Donde la actividad antimicrobiana del limoneno y γ - terpineno, puede deberse a que generan efectos sobre la integridad de membrana de los microorganismos en consecuencia inhiben la respiración y afectan el proceso de transporte de iones (Villa, 2017).

Composición química del aceite esencial de toronja

Tabla 5

Compuestos químicos que conforman el aceite esencial de toronja

No.	Compuesto	Composición (%)
1	a-pineno	0.76
2	Cafeno	0.01
3	Sabineno	0.6
4	b-pineno	0.05
5	b-mirceno	2.16
6	Octanal	0.36
7	Limoneno	93.33
8	b-ocimeno	0.02
9	Linalool	0.12
10	Nonanal	0.05
11	Trans-p-menta-2,8-dien-1-ol	0.16
12	Cis-limoneno oxido	0.43
13	Trans-limoneno oxido	0.33
14	Citronelal	0.04
15	a-terpinol	0.13
16	Decanal	0.19
17	Carvona	0.41
18	a-copaeno	0.13
19	b-cubebeno	0.14
20	Carriofileno	0.20
21	Humuleno	0.03
22	Germacreno D	0.01
23	d-cadineno	0.04
24	Cariofileno oxido	0.04
TOTAL		99.74
	Hidrocarburos monoterpénicos	96.93
	Monoterpenoides oxigenados	1.62
	Hidrocarburos sesquiterpénicos	0.55
	Sesquiterpenoides oxigenados	0.04
	Otros	0.6

Nota. La tabla muestra la composición química del aceite esencial de toronja. Tomado de: (Deng et al., 2020)

Pardeamiento enzimático

Consiste en el oscurecimiento de la pulpa de la manzana, la cual se da por una reacción química de los compuestos presentes en la pulpa con el oxígeno. El pardeamiento involucra dos enzimas oxidorreductasas: polifenoloxidasas (PPO) y peroxidasa (VAINA). La PPO cataliza dos reacciones; la primera, una hidroxilación de monofenoles a difenoles, que es relativamente lenta y da como resultado productos incoloros. La segunda, la oxidación de difenoles a quininas, es rápida y da productos coloreados.

Los sustratos involucrados en estas reacciones se encuentran en las vacuolas mientras que las enzimas se encuentran en el citoplasma; las reacciones sólo pueden tener lugar si están mezcladas y en presencia de oxígeno. Así, todos los fenómenos (corte, choque, pérdida de firmeza) conducen al inicio de reacciones de pardeamiento que inducen pérdidas o cambios de sabor en la fruta.

Para evitar este fenómeno se han desarrollado varios métodos. El papel de estos métodos es inactivar la polifenol oxidasa (PPO) o evitar el contacto entre la enzima y su sustrato, ya sea agregando antioxidantes o manteniendo la integridad estructural del alimento.

Antioxidantes

Son sustancias capaces de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres, sin perder su estabilidad electroquímica. Actúan donando electrones y evitando que los radicales libres los capturen de las células. Los antioxidantes utilizados en alimentos, previenen o inhiben el desarrollo de la rancidez o la aparición de otros compuestos de deterioro debido a la oxidación (Yousuf & Singh, 2018).

Modo de acción de los antioxidantes

De acuerdo a su modo de acción los antioxidantes se clasifican como:

1. bloqueadores de radicales libres

2. quelantes de iones metálicos
3. eliminadores de oxígeno.

Estos compuestos pueden tener una actividad prooxidante, cuando son usados en altas concentraciones al actuar como promotores de las reacciones de iniciación (Alandes et al., 2011).

Agentes antioxidantes

Aditivos que retrasan o inhiben el pardeamiento enzimático; actuando por diferentes mecanismos:

1. inhibiendo de forma directa la actuación de la enzima polifenoloxidasas
2. reduciendo el pH del medio
3. eliminando los compuestos fenólicos
4. sustratos para enzimas PPO
5. eliminando las trazas de ciertos metales
6. eliminando el oxígeno del medio.

En la actualidad hay una tendencia hacia el uso de antioxidantes naturales como el ácido ascórbico, sus sales y sus ésteres, los derivados del resorcinol, la L-cisteína y el glutati6n (Alandes et al., 2011). Estos dos 6ltimos act6an reduciendo las o-quinonas a o-difenoles previniendo as6 la formaci6n de pigmentos o bien reaccionando con las o-quinonas para producir compuestos incoloros (Alandes et al., 2011)

Liofilizaci6n

Se basa en congelar un alimento o materia prima vegetal, animal o microbiana a una temperatura de -40°C y posteriormente introducirla en una c6mara de vac6o en donde se extrae el agua por medio de sublimaci6n. Con este m6todo los alimentos no pierden sus nutrientes, sabor, color y tama6o de una forma ligera y crujiente (Kokoszka & Lenart, 2014).

Métodos de destilación

El proceso de destilación involucra los siguientes pasos: vaporización, condensación y transferencia de la sustancia vaporizada de la zona de evaporación a la zona de condensación. Los tres pasos ocurren simultáneamente y dependen unos de otros en un sistema cerrado de vaporización-condensación. La tasa de evaporación en dicho sistema está determinada por las temperaturas de vaporización y condensación y las resistencias hidráulicas de los compartimentos de vaporización y condensación y el tubo de conexión (Kanat et al., 2020).

Hay diferentes métodos para la extracción de aceite esencial de las cascaras de cítricos entre los cuales se destacan

- Arrastre con vapor
- Hidrodestilación
- Extracción con solvente(Pérez, 2019).

Hidrodestilación

Es un proceso para obtener el aceite esencial de una planta aromática, por medio del uso de vapor saturado a presión atmosférica(Cerpa, 2007).

El generador de vapor no forma parte del recipiente donde se almacena la materia prima, es externo y suministra un flujo constante de vapor (Gutierrez, 2019). Dentro de del hidrodestilador la presión es superior a la atmosférica, pero el vapor efluente, que extrae al aceite esencial está a la presión atmosférica(Cerpa, 2007).

El alimento que ingresa al hidrodestilador forma una capa compacta, para lo cual debe ser cortada en pequeños pedazos todo esto con el objetivo de aumentar el área. El vapor de agua es inyectado mediante un distribuidor interno, y con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho. La generación del vapor puede ser local, remota o interna (Pérez, 2019).

Conforme avanza la hidrodestilación el vapor entra en contacto con el producto, la materia prima se calienta y va liberando el aceite esencial contenido y éste, a su vez, debido a su alta volatilidad se va evaporando. Al ser soluble en el vapor circundante, es “arrastrado”, corriente arriba hacia el tope del hidrodestilador. La mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador, mediante un “cuello de cisne” o prolongación curvada del conducto de salida del hidrodestilador. En el condensador, la mezcla es condensada y enfriada, hasta la temperatura ambiental. A la salida del condensador, se obtiene una emulsión líquida inestable. La cual, es separada en un decantador dinámico o florentino. Este equipo está lleno de agua fría al inicio de la operación y el aceite esencial se va acumulando, debido a su casi inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua (Cerpa, 2007).

Figura 1

Diagrama de la composición de un hidrodestilador

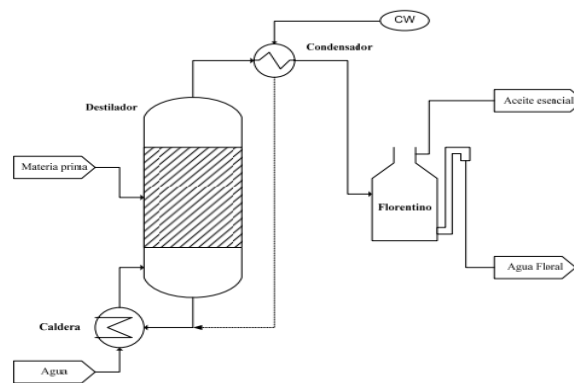


Fig. 1-1. Esquema básico del proceso.

Nota. La figura muestra un diagrama de la composición de un hidrodestilador. Tomado de (Cerpa, 2007).

Recubrimientos comestibles

En general, los recubrimientos comestibles consisten en una fina capa de material que se forma alrededor del producto alimenticio en forma de película o que se forma fuera del producto y se coloca sobre o entre sus componentes (Kokoszka & Lenart, 2014).

Los recubrimientos se pueden aplicar directamente sobre la superficie como protección adicional para preservar la calidad y la estabilidad del producto. Los requisitos impuestos a los

recubrimientos comestibles están determinados por las propiedades específicas del producto (como el contenido de agua) y cambios en esas propiedades durante la producción y el almacenamiento (Hasan et al., 2019).

Origen

Los recubrimientos comestibles se utilizaron por primera vez en el siglo XII cuando se aplicó cera para reducir la pérdida de humedad en naranjas y limones en China. En el siglo XVI, los productos alimenticios se recubrían en grasa para controlar la pérdida de humedad (McHuhg & Senesi, 2000). En 1930 se utilizó por primera vez la parafina. para la protección de los cítricos en los EE.UU., y en 1950, la lista de los recubrimientos se amplió para incluir cera de carnauba y emulsión de aceite en agua para proteger frutas y verduras frescas (Kokoszka & Lenart, 2014).

Composición de un recubrimiento comestible

Carbohidratos

Recubrimientos comestibles que comprenden polisacáridos (celulosa y sus derivados, almidón y sus derivados, resinas). El almidón es el polímero más utilizado en la producción de recubrimientos, principalmente debido al bajo costo, la alta disponibilidad y la relativa facilidad de uso, pues permite la aglutinación de los diferentes compuestos que se usan en un RC (Kokoszka & Lenart, 2014). Además, el almidón permite la obtención de recubrimientos comestibles incoloros e inodoros y con una reducida permeabilidad al oxígeno.

Proteínas

Proteínas (gelatina, zeína, proteínas de leche, gluten) tienen las propiedades mecánicas y ópticas (que fluctúan a altos niveles de humedad), y están marcadas por propiedades de barrera de vapor de agua bajas (McHuhg & Senesi, 2000). Los recubrimientos de proteínas son hidrofílicos y sus propiedades de barrera son determinadas por la cantidad de plastificante y el contenido de humedad.

Lípidos

Por otro lado, los recubrimientos que consisten en lípidos (cera, aceite y derivados) o poliésteres (poliactida, polib-hidroisobutirato) se caracterizan por una muy satisfactorias propiedades de barrera, pero por lo general forman superficies mate de elasticidad relativamente baja y poseen propiedades hidrofóbicas lo que le permite al recubrimiento tener una barrera protectora para la humedad (Hasan et al., 2019).

Los recubrimientos comestibles pueden comprender uno o más componentes en forma seca, húmeda, de una o varias capas. Antes de la aplicación en el proceso de producción, los componentes deben analizarse con respecto a sus propiedades químicas, físicas y bioquímicas. propiedades, tales como contenido de agua, pH, composición química, requisitos de almacenamiento, etc (Kokoszka & Lenart, 2014).

Tensoactivos

Estos compuestos permiten la homogeneización de los diferentes componentes que se usan para elaborar un recubrimiento comestible, por lo que cuando se hacen formulaciones a base de almidón, se debe incorporar un polisorbato o tensoactivo, lo que permite aumentar la barrera al agua y aumentar la flexibilidad de la capa (Beléndez, 2017).

Un tensoactivo se compone de un extremo hidrofílico y otro hidrofóbico, estos disminuyen la tensión superficial a medida que aumenta su concentración, lo que mejora la mojabilidad y la estabilidad de las dispersiones (Beléndez, 2017; Kokoszka & Lenart, 2014).

Plastificante

Para mejorar la estabilidad y flexibilidad de un RC se usan agentes plastificantes como son el glicerol, polietilenglicol, sorbitol, manitol y azúcares, siendo el más usado y adecuado el glicerol (Beléndez, 2017).

Importancia

Los recubrimientos comestibles deben cumplir una serie de requisitos funcionales como:

- propiedades de barrera satisfactorias frente al agua, otras sustancias y gases
- solubilidad en agua y grasa
- color y apariencia adecuados
- propiedades mecánicas y reológicas
- no toxicidad.

Aquellas propiedades están determinadas por el tipo de material aplicado, método de producción y forma de aplicación en el alimento producto. El tipo de plastificante, las sustancias añadidas a inhibir el crecimiento de microorganismos y otras sustancias funcionales puede modificar las propiedades de los recubrimientos comestibles (Zhang et al., 2019).

Para cumplir su función, se deben aplicar recubrimientos comestibles al producto, deben permanecer en el producto durante el almacenamiento, pero deben desintegrarse o disolverse durante la cocción o consumo del producto alimenticio recubierto (Cofelice et al., 2019).

Formas de aplicación de un recubrimiento comestible

La aplicación de un recubrimiento comestible se puede realizar de acuerdo a los siguientes métodos:

Spraying: Se usa cuando el alimento requiere de un recubrimiento en algún lugar específico, además se debe considerar que la superficie para hacer esta aplicación debe ser plana, se puede obtener una capa fina y uniforme.

Inmersión: Consiste en sumergir el producto en una matriz comestible, se usa sobre todo en alimentos que presentan formas irregulares y que requieren de una cobertura gruesa, se debe considerar que antes de que el alimento se sumerja en el recubrimiento comestible este debe estar seco (Rojas, 2018).

Por contacto: consiste en el uso de instrumentos como pinceles, rodillos, cepillos, se consigue una capa fina y que puede ser distribuido en productos con superficie lisa.

Vertido: esta técnica consiste en colocar el recubrimiento sobre el producto, se lo realiza con recubrimientos con una viscosidad alta, y siempre teniendo en cuenta el excedente que puede ser reutilizado (Cofelice et al., 2019).

Capítulo III

Metodología

Ubicación del lugar de investigación

El estudio se realizó en el campus de la Carrera de Agropecuaria IASA I, Hacienda El Prado, ubicado en la parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, geográficamente se encuentra: 0°23'27"S 78°24'47"W latitud= -0,3909607; longitud: -78,4136189; altitud:2.738 msnm. La temperatura media anual es de 14 °C, y la precipitación anual de 1300 mm.

Etapa 1: Adquisición del material vegetal

Ubicación del lugar donde se obtuvo el material vegetal

La manzana Cv. Anna fue en el sector de Coñaqui, Urcuquí, en la ciudad de Ibarra, geográficamente se localiza a: 0°22'51.1"N 78°12'23.6"W, latitud= 0,3804449° ; longitud: -78,2062758°; altitud: 2146msnm, temperaturas entres los 15-23°C, lo que hace de este lugar ideal para el cultivo de manzana.

Manzana

Su obtención se realizó en un huerto del sector de Coñaqui, ubicado en la provincia de Imbabura, donde se cosechó manzanas de la cv. Anna bajo la norma INEN 1872: 96.

Toronja

Se compraron en una frutería ubicada en el mercado de San Sebastián de Sangolquí, donde se identificarán los mejores ejemplares de acuerdo a la norma INEN 2807.

Etapa 2: Limpieza y desinfección del material vegetal.

Una vez recolectado el material vegetal, se procedió de la siguiente manera:

Toronja

1. Retiro de cualquier estructura anexa a la fruta.
2. Desinfección de la fruta en una solución de cloro comercial al 2,5% por 5 minutos

3. Desprendimiento de la cáscara con ayuda de un rallador de comida.
4. Corte de la cáscara en trozos menores a 0,5cm de longitud.
5. Finalmente se pesó 1500g de cáscara.

Manzana

1. Se retiró del pedúnculo o cualquier estructura exterior anexa a la fruta
2. Se enjuagó la fruta con agua potable para desprender impurezas visibles
3. Se desinfectó con hipoclorito de sodio comercial al 2,5% por 5min, luego se enjagua con agua destilada y se seca con una toalla
4. Posterior a esto se desinfectó la manzana bajo radiación UV-C por 7min (Toalombo, 2014)
5. Finalmente se retiró el corazón o endocarpio con un descorazonador de manzana, y siguiendo la metodología de (Farina et al., 2020) se cortó cada manzana en 4 pedazos, usando un cuchillo previamente desinfectado.

Etapas 3: Obtención del aceite esencial de toronja

Previo a la hidrodestilación, los trozos de cáscara de toronja deben ser colocados en un recipiente con bicarbonato de sodio al 0,5%, por 48h (Moposita, 2019)

Luego de haber transcurrido este tiempo se colocó la muestra en el hidrodestilador previamente con agua en una parte igual a la masa de material, en este caso se llenó con 1500mL de agua, y se calentó a 91°C por 3h (Pérez, 2019).

El aceite obtenido tras 3 horas de hidrodestilación se almacenó en frascos oscuros a temperatura ambiente. Todo el proceso de hidrodestilación fue realizado en un equipo elaborado manualmente, usando una olla de presión adaptada a un tanque que alberga agua fría como refrigerante, del cual, por medio de una manguera, se procede a extraer el aceite, que en contacto con el agua fría del tanque se condensa y cae en forma líquida en un vaso de precipitación.

Etapa 4: Encapsulación

Una vez obtenido el aceite esencial inmediatamente se colocó 10% p/v de maltodextrina, y se mezcló hasta obtener una mezcla homogénea.

Esta mezcla fue llevada a un congelador por 24h a -15°C.

Etapa 5: Liofilización del aceite esencial de toronja.

Se llevó la mezcla almacenada en el congelador a un liofilizador otorgado por la Universidad de las Fuerzas Armadas por 18h a -40°C.

Se debe tener en cuenta que, mientras la muestra esté más congelada los resultados del liofilizado serán mejor.

Etapa 6: Recubrimiento comestible***Formulación del recubrimiento comestible.***

Se usaron los siguientes materiales: aceite vegetal (4%), glicerina grado alimenticio (2,5%), tween 80 (0,4%) como polisorbato, almidón de maíz (2%), y el principio activo liofilizado y encapsulado en maltodextrina al (2%, 4%, 6%), aforando todo con agua hasta completar el 100% de la solución.

Elaboración

1. Se pesaron cada uno de los materiales bajo el respectivo porcentaje
2. Se llevó a mezclar en una licuadora industrial por 5min.
3. Una vez obtenida una mezcla homogénea se pasó a un recipiente para calentarlo, en un microondas realizando varias series donde se colocaba 1min y luego se retiraba, a la vez se agitaba, reiteradamente por 7min o hasta que los materiales se mezclen totalmente.
4. Luego de esto se deja enfriar y se procede a tapar el RC, para evitar la proliferación de microorganismos.

Etapas 7: Recubrimiento de los trozos de manzana

Se preparó el recubrimiento comestible (RC) bajo las diferentes concentraciones de extracto liofilizado de toronja (ELT):

Tabla 6

Componentes de los recubrimientos comestibles.

Componentes	%	RC (0%)	RC (2%)	RC (4%)	RC (6%)
Agua	91,1	227,75	222,75	217,75	212,75
Aceite vegetal	4	10	10	10	10
Glicerina grado alimentario	2,5	6,25	6,25	6,25	6,25
Tween 80	0,4	1	1	1	1
Polisacárido (almidón)	2	5	5	5	5
ELT	0	0	5	10	15
Total	100	250	250	250	250

Nota. La tabla muestra la composición del recubrimiento comestible (RC), bajo las diferentes concentraciones de extracto liofilizado de toronja. Tabla de autoría.

Con un rodillo pequeño, se procedió a tomar a embeberlo en los RC, y una vez mojado se procedió a pasar sobre los trozos de manzana, recubrimiento toda la superficie de la manzana

Luego de esto a los trozos de manzana, se los colocó sobre una rejilla, para que el excedente de RC caiga en el fondo del recipiente.

Etapas 8: Secado y almacenamiento en refrigeración.

Los trozos de manzana Anna recubiertas con las formulaciones asignadas, así como el tratamiento control se llevaron a secado en una estufa a 40°C por 2h.

Una vez secas las manzanas recubiertas, se pasaron a clamshells con tapa previamente desinfectadas, las cuales se marcaron con 0, 3, 6, 9 y 12 días para cada formulación y cada análisis.

Finalmente se almacenaron en refrigeración a $5 \pm 1^\circ\text{C}$.

Etapa 9: Medición de variables

Variables fisicoquímicas

Acidez titulable

Se determinó por titulación directa con NaOH al 0.1 N. Para lo cual se pesan 25g de fruta troceada, se pasó a un matraz Erlenmeyer de 250 mL y en esta se aforó a 250mL con agua destilada y se lo llevó a licuar por 3min a temperatura ambiente, se cernió y una vez obtenido el zumo se pasa 25mL de este a un vaso de precipitación , a esto añadimos 2 gotas de fenolftaleína y se procede a titular con NaOH 0,1N, hasta que la muestra se torne de un color palo de rosa.

Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido málico.

$$\%acidez (\acute{a}cido \acute{m}alico) = \frac{V1 * N * 134.09}{V2}$$

Donde:

V1: Volumen de solución de NaOH 0,1N gastado en la titulación de la muestra (mL).

N: Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

134.09: constante equivalente al peso del ácido málico.

V2: Volumen de la muestra (mL).

Índice de oscurecimiento (color)

Se determinó por medio de la aplicación gratuita Color Grab del sistema operativo Android, el cual nos permite identificar el color específico de un área determinada por medio de la cámara de nuestro dispositivo, esta app, nos muestra las coordenadas específicas de un color conocidas como CIELAB, donde las coordenadas que se generan son: L (luminosidad blanco-negro), a (rango de rojo a verde) y b (amarillo a azul respectivamente).

Una vez obtenidas las coordenadas se procedió a usar la ecuación:

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Esta ecuación nos permite obtener ΔE un valor numérico que nos indica la distancia que existe entre dos puntos, en este caso dos colores, y mientras su valor sea menor, los colores son más semejantes, es decir se encuentran distantes.

Además, se debe mencionar que, para mantener la uniformidad en las tomas, se colocó al celular sobre un recipiente para tener la misma altura en todas las tomas, las cuales fueron realizadas por triplicado a temperatura ambiente.

Grados Brix

Se determinó usando un refractómetro digital Toledo, para lo cual se usó una dilución del material vegetal de 25g de fruta aforando a 250mL, esto se llevó a licuar por 3min y posteriormente se cernió para eliminar los residuos de manzana, finalmente se absorbió con el equipo, y el resultado se multiplica por 10, pues la muestra fue diluida 10^{-1} .

Textura (resistencia a la penetración)

Se analizó con un penetrómetro de 0-13Kg, para lo cual se tomó uno de los trozos pertenecientes a las pruebas destructivas, a este trozo se le realizó una prueba por duplicado con el penetrómetro.

Pérdida de peso (%)

Los trozos con recubrimientos comestibles fueron pesados en una balanza digital al inicio y cada tercer día durante los 12 días del experimento, por duplicado. Se calculó la diferencia de pérdida de peso mediante la ecuación.

$$Pp = \frac{pi - pf}{pi} * 100$$

Donde:

- Pp: pérdida de peso.
- Pi: peso inicial.
- Pf: peso final.

Variable microbiológica

Presencia o ausencia microbiana

Se evaluó como una variable dicotómica colocando un “sí” o un “no”, de acuerdo a la presencia o ausencia de afectaciones microbiológicas, de acuerdo al día de observación (0,3,6,9,10).

Para lo cual se planteó las siguientes hipótesis:

- H0: No existe relación entre los diferentes niveles de extracto liofilizado y la presencia de microorganismos
- Ha: Existe relación entre los diferentes niveles de extracto liofilizado y la presencia de microorganismos

Donde, Si p-valor es menor a nivel de significancia del 5%, se rechaza la H0, pero si es mayor se acepta la H0 y se rechaza la Ha.

Análisis sensorial

Se realizó un análisis flash profile (FP), que permite obtener resultados rápidos a partir de una cata de un producto alimenticio por parte de un jurado no entrenado, en este tipo de análisis se usó una escala de 0-10cm, donde valores cercanos a 0 indicaban características suaves de un atributo y valores cercanos a 10 mostraban características fuertes del atributo (Bustingorri, 2021).

Para cata asistieron 8 estudiantes de la carrera de Ingeniería Agropecuaria-IASA I, a los cuales se les entregó una ficha de cata, donde cada uno de los participantes de acuerdo a su criterio colocó con una línea perpendicular el valor con el que calificó cada atributo de sabor, color, amargor, dulzor, aroma a cítrico y firmeza de los trozos de manzana.

Cada uno de los trozos a degustar tuvieron un código alzar con el cual los catadores identificaron su ficha asignada y lo evaluaron, teniendo un tiempo de entre 5-15min para realizar la cata.

Los códigos de cada uno de los tratamientos fueron los siguientes.

- ELT-0K: Tratamiento control, sin extracto liofilizado de la cáscara de toronja 0%
- ELT-2C: Tratamiento 1, extracto liofilizado de la cáscara de toronja al 2%
- ELT-4H: Tratamiento 2, extracto liofilizado de la cáscara de toronja al 4%
- ELT-6E: Tratamiento 3, extracto liofilizado de la cáscara de toronja al 6%

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con parcelas divididas.

Modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \delta_k(l) + B_j + (AB)_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta en la parcela grande i (concentración del extracto liofilizado de la cáscara de toronja), parcela pequeña j (días) y repetición k.

μ = Media general.

A_i = Efecto principal de la parcela grande i.

$\delta_k(l)$ = Error de la parcela grande.

B_j = Efecto principal de la parcela pequeña j.

$(AB)_{ij}$ = Interacción de la parcela grande i con la parcela pequeña j.

E_{ij} = Error para la parcela pequeña.

Atributos sensoriales

Para el análisis sensorial se realizó un DBCA, donde el bloqueo está dado por el efecto catador. Con una estructura de tratamientos unifactorial (% de extracto liofilizado de toronja) con tres repeticiones y un control.

Presencia o ausencia de microorganismos

Se realizó una tabla de contingencia partiendo de una prueba dicotómica.

Croquis experimental

Figura 2

Croquis del experimento

T1R1	TOR3	T3R2	T2R1
0 3	3 6	6 0	0 12
6 9	6 9	3 12	9 6
12	12	9	3
TOR1	T1R2	T2R2	T3R3
12 3	3 0	12 9	12 6
9 6	9 12	6 3	3 9
0	6	0	0
T3R1	T2R3	TOR2	T1R3
9 6	12 3	12 9	0 12
0 12	6 9	3 6	6 9
3	0	9	3

Nota. En la figura se muestra la disposición del croquis, donde la parcela grande corresponde a T (0,1,2,3) que representa los tratamientos (nivel del extracto liofilizado de toronja), acompañado de R (1,2,3) las repeticiones y como parcela pequeña los días de análisis (0,3,6,9,12).

Factores

Variable de entrada

Concentración del extracto liofilizado de cáscara de toronja (ELT): 0%, 2%, 4% y 6%

Variables de respuesta

- Índice de oscurecimiento
- Textura
- Pérdida de peso
- °Brix

- Acidez titulable
- Presencia o ausencia de microorganismos
- Atributos sensoriales

Tratamientos y nivel de los factores

Tabla 7

Tratamientos utilizados sobre los trozos de manzana

Tratamiento	Concentración del extracto de la cáscara de toronja (liofilizado y encapsulado en maltodextrina) (%)
T0	0
T1	2
T2	4
T3	6

Nota. La tabla muestra las diferentes concentraciones utilizadas en los recubrimientos comestibles que fueron usados sobre los trozos de manzana mínimamente procesadas. Tabla de autoría.

Manejo del experimento

En el taller de postcosecha se procedió a etiquetar 12 bandejas plásticas (4 tratamiento con 3 repeticiones), donde en cada uno de los recipientes se colocó 8 trozos de manzana de entre 25-35g.

La unidad experimental fue la bandeja plástica, y esta estuvo constituida por 8 trozos de manzana cv. Anna mínimamente procesados con el tratamiento de extracto liofilizado de cáscara de toronja correspondiente. De los cuales 5 trozos fueron utilizados para el análisis de las variables destructivas (°Brix, acidez y textura), 2 trozos se usaron para las variables no destructivas (pérdida de peso) y un trozo para analizar el cambio de color (oxidación) junto con la presencia o ausencia de microorganismos.

El registro de los datos de las diferentes variables fisicoquímicas y presencia de microorganismos fueron tomados cada 3 días por un lapso de 12 días, mientras que para el análisis de los atributos sensoriales se tomó los datos al 5 día.

Figura 3

Esquema de la unidad experimental



Nota. La figura, muestra la disposición de los trozos de manzana en la unidad experimental. Figura de autoría

Análisis de resultados

Las variables fisicoquímicas: índice de oscurecimiento, pérdida de peso, textura, acidez y °Brix se caracterizaron mediante estadística descriptiva (media \pm desviación estándar). Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza utilizando modelos lineales generales y mixtos, además se aplicó la función varident para los niveles del extracto liofilizado de la cáscara de toronja (ELT). Las variables y sus respectivas interacciones se analizaron por pruebas de comparación de medias LSD al 5%. Todos los análisis fueron realizados mediante el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2020).

Capítulo IV

Resultados y discusión

Resultados

Obtención del principio activo.

A partir de 1500g de cáscara de toronja se obtuvo, 100mL de aceite esencial, cuyas características organolépticas fueron:

- Sustancia líquida, transparente
- Oleosa
- Aroma cítrico
- Sabor ligeramente amargo
- Inmiscible en agua
- pH de 6

Formulación del recubrimiento comestible.

Se obtuvo tres formulaciones cuyas características sensoriales fueron las siguientes:

Tabla 8

Características sensoriales de las formulaciones

Formulación	Color	Aroma a cítrico	Amargor	Observación
T1 (2% de ELT)	Blanco	Ligero	Suave	Líquido oleoso, homogéneo
T2 (4% de ELT)	Blanco	Ligero	Suave	Líquido oleoso, homogéneo
T3 (6% de ELT)	Blanco	Medio	Medio	Líquido oleoso, homogéneo

Nota. En la tabla se muestra las características que se obtuvo en cada uno de los recubrimientos bajo las diferentes concentraciones de extracto liofilizado de cáscara de toronja (ELT). Tabla de autoría.

Al elaborar los diferentes RC se pudo identificar que el orden en el cuál es incorporado cada uno de los productos que lo conforman influyen en la homogenización del RC final, el orden de mezcla luego de hacer ensayos previos y que permitió una mezcla homogénea fue:

Tabla 9

Orden de los ingredientes del Recubrimiento comestible

Orden	Componentes
1	Agua
2	Polisacárido (almidón)
3	Glicerina grado alimentario
4	ELT
5	Aceite vegetal
6	Tween 80

Nota. En la tabla se muestra el orden en el cual se debe incorporar cada uno de los ingredientes o compuestos que componen un recubrimiento comestible. Tabla de autoría.

Evaluación de los parámetros fisicoquímico

No se encontraron diferencias significativas para la interacción entre Nivel de ELT (Extracto liofilizado de la cáscara de toronja) * días de evaluación (tabla 13), en las variables de: pérdida de peso color, °Brix y acidez; de igual manera en la fuente de variación del nivel de ELT tampoco existió diferencia significativa para estas variables.

Sin embargo se identificó que existió diferencia significativa en los días para la: pérdida de peso ($F=106,66$; $P<0.0001$), color ($F=54,50$; $P<0.0001$) y textura ($F=16,6$; $P<0.0001$), resultados que muestran ser efectivos pues estas variables fueron las que mostraron cambios significativos entre el día 0 al día 12 de análisis, es decir fueron las que se afectaron en mayor proporción.

También se pudo encontrar diferencias significativa para el nivel de ELT para la textura ($F=36,10$; $P<0.0001$), así como para la interacción entre nivel de ELT*días de evaluación ($F=3,01$; $P=0.0044$).

Tabla 10

ANAVA de las variables fisicoquímicas de los trozos de manzana.

Fuente de variación	gl	Pérdida peso (%)	Color (ΔE)	TEXTURA (kg-f)	°Brix	Acidez (% ác málico)
Nivel de ELT	3	P=0.2890	P=0.2632	P<0.0001	P=0.326	P=0.5265
Días	4	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P=0.8999	P=0.3604
Nivel de ELT*días	12	P=0.9984	P=0.5838	P=0.0044	P=0.4370	P=0.6309

Nota. La tabla muestra el resultado ANAVA para las diferentes variables fisicoquímicas, donde se identifican los grados de libertad (gl), y el valor P de cada variable, en el cual valores de $P < 0,05$, muestran significancia, y valores superiores no muestran significancia. Tabla de autoría.

Tabla 11

Media ± desviación estándar para las variables fisicoquímicas de los trozos de manzana.

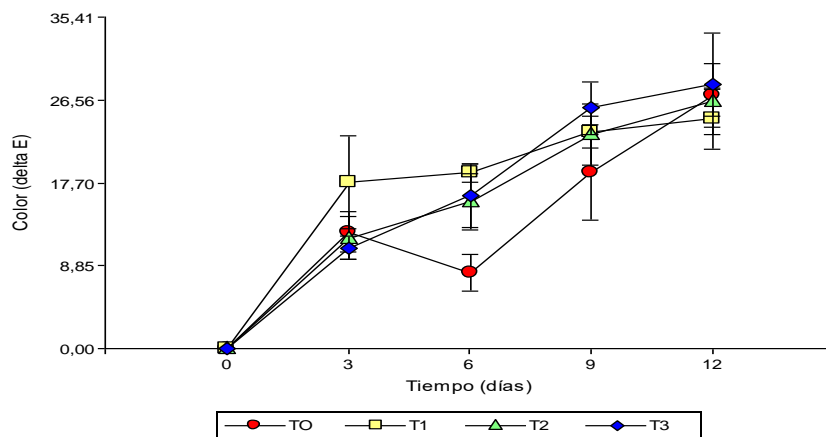
Nivel de ELT (%)	Evaluación (Días)	Pérdida peso (%)	Color (ΔE)	TEXTURA (kg-f)	°Brix	Acidez (% ác málico)
0	T0	0 h	0 g	5,15±0,09 a	12,47±1,72 abc	1,11±0,43 ab
	T1	0 h	0 g	4,45±0,43 bcd	13,13±1,14 a	0,91±0,14 b
	T2	0 h	0 g	3,9±0,17 def	11,83±0,81 abc	0,91±0,05 ab
	T3	0 h	0 g	4,78±0,38 ab	11,93±1,04 abc	1,13±0,19 ab
3	T0	0,72±0,02 fg	12,46±3,65 ef	4,57±0,43 bc	12,43±0,46 abc	1,11±0,43 ab
	T1	0,58±0,16 gh	17,81±8,63 cde	3,6±0,1 fgh	13,17±0,75 a	0,95±0,03 ab
	T2	0,72±0,13 fg	11,79±3,93 ef	3,75±0 efg	12,37±0,42 abc	0,95±0,11 ab
	T3	0,63±0,07 fgh	10,76±2,14 ef	4,42±0,18 bcd	11,37±0,95 abc	1,05±0,2 ab
6	T0	1,33±0,07 de	8,09±3,46 fg	4,47±0,08 bcd	12,07±1,72 abc	0,97±0,05 ab
	T1	1,12±0,25 efg	18,79±1,72 bcde	3,72±0,26 efg	12,7±1,2 abc	0,95±0,13 ab
	T2	1,29±0,32 def	15,65±5,18 ef	3,52±0,03 gh	12,47±0,78 abc	0,97±0,05 ab
	T3	1,28±0,29 def	16,35±5,91 def	4,2±0,2 cde	12,57±0,29 abc	1,04±0,11 ab
9	T0	2,22±0,11 bc	26,31±5,81 bcde	3,9±0,64 defg	11,03±0,15 c	1±0,12 ab
	T1	1,91±0,41 cd	23,12±2,96 abcd	3,6±0,72 fgh	13,17±0,61 a	1,23±0,09 a
	T2	2,08±0,51 bc	22,87±5,6 abcd	3,4±0,15 h	11,8±0,53 abc	1,25±0,45 a
	T3	2,14±0,43 bc	25,7±4,81 abc	4,1±0,33 cdef	13,23±1,1 a	1,09±0,08 ab
12	T0	2,94±0,33 a	27,09±5,86 ab	3,13±0,03 h	13,03±0,45 ab	1,22±0,22 ab
	T1	2,56±0,76 abc	24,53±5,5 abcd	4,08±0,21 cdef	12,63±0,15 abc	0,98±0,19 ab
	T2	2,63±0,71 ab	26,36±2,56 ab	3,3±0,17 h	12,07±0,74 abc	0,91±0,05 ab
	T3	2,83±0,76 a	28,27±9,44 a	3,95±0,36 def	12,93±2,11 abc	1,02±0,09 ab

Nota. En la tabla se muestran la media ± desviación estándar para las variables fisicoquímicas de los trozos de manzana cv. Anna, donde medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Elaborado por Chipugsi Loachamin, Kevin Eduardo.

Índice de oscurecimiento

Figura 4

Media \pm error estándar del color de los trozos de manzana a lo largo del tiempo



Nota. La figura muestra un diagrama de perfiles multivariados con gráfica de puntos, realizado el software Infostat, donde se representa el cambio de color medido por la variación del ΔE , siendo este la diferencia entre el color de cada día con respecto al día 0, todo este análisis se lo realizó a lo largo de 12 días. Figura de autoría.

Existió diferencias significativas entre los días de análisis ($F=54,50$; $P<0.0001$) a un nivel de significancia del 5%, donde los trozos evaluados al día 12 mostraron diferencias altas del valor de ΔE respecto a los días 0, 3, 6.

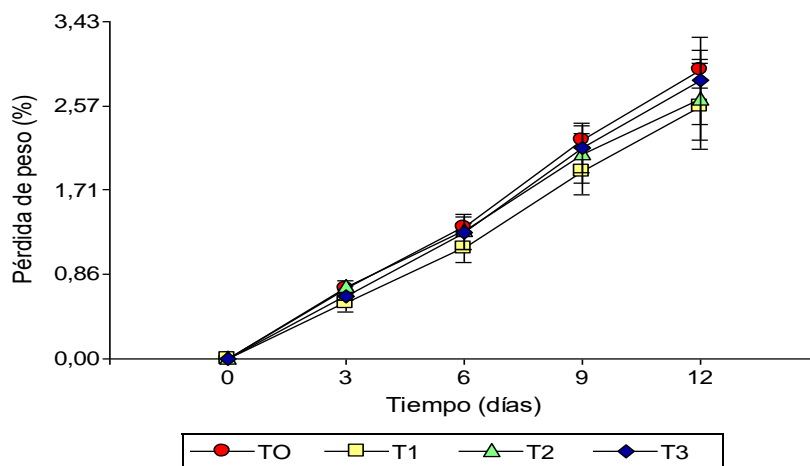
A pesar de no haber existido diferencias significativas entre la interacción nivel de ELT*día de evaluación, en la figura 4, se pudo observar que la diferencia del color de los trozos de manzana, al día 12 respecto al día 0, medidos por valores de ΔE , mostraron un mejor comportamiento en el tratamiento 1 con 2% de extracto liofilizado pues este presentó la menor diferencia en la variación del color (ΔE) siendo esta de 24,53, mientras que, para los tratamientos 0, 2 y 3 se mostraron similares cuantitativamente, con resultados superiores a 26,36 ΔE .

Este análisis nos indicaría que el tratamiento 1 mostró un color más claro respecto al resto de tratamientos, lo que a su vez expresa una acción antioxidante del del extracto liofilizado al 2% inhibiendo la coloración parda.

Pérdida de peso

Figura 5

Media \pm error estándar de la pérdida de peso de los trozos de manzana en el tiempo



Nota. La figura muestra un diagrama de perfiles multivariados con gráfica de puntos, realizado el software Infostat, donde se representa la pérdida de peso expresada en porcentaje, de cada uno de los tratamientos a lo largo de 12 días de análisis. Figura de autoría.

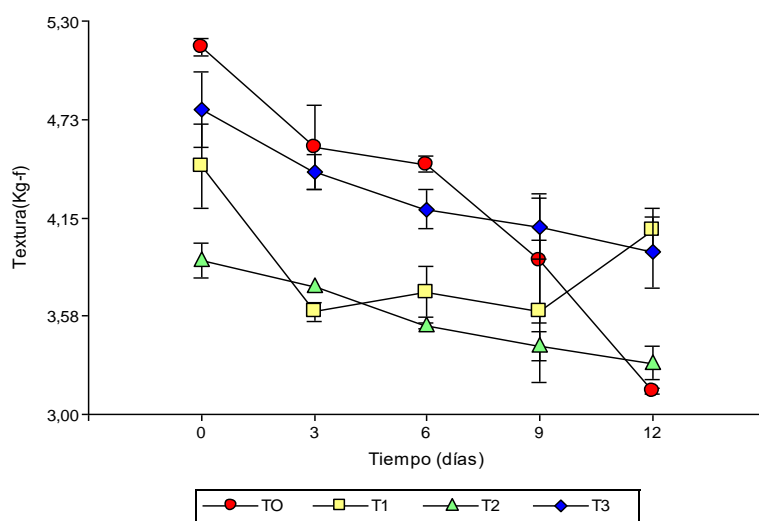
Existió diferencia significativa entre los días de evaluación ($F=106,66$; $P<0.0001$), a un nivel de significancia del 5%, donde la pérdida de peso (%) en el día 12 fue superior a la evaluada en el día 0, 3 y 6.

Además, como se puede identificar en la figura 5, al cabo de 12 días el tratamiento 1 y 2 muestran la menor pérdida de peso con 2,56% y 2,63% respectivamente, respecto al tratamiento control y el t3 que fueron los de mayor pérdida de peso con 2,94% y 2,83% respectivamente, a pesar de ello no existieron diferencias significativas, por lo que todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar.

Textura

Figura 6

Media \pm error estándar de la textura (Kg-f) de los trozos de manzana a lo largo del tiempo



Nota. La figura muestra un diagrama de perfiles multivariados con gráfica de puntos, realizado el software Infostat, donde se representa la textura expresada en Kg-f, de cada uno de los tratamientos a lo largo de 12 días de análisis. Figura de autoría.

Existió diferencia significativa para cada una de las interacciones, teniendo así para los días de evaluación ($F=16,6$; $P<0.0001$), nivel de ELT ($F=36,10$; $P<0.0001$) y la interacción entre el nivel de ELT*días de evaluación ($F=3,01$; $P=0.0044$), a un nivel de significancia del 5%.

Respecto a los días de evaluación, la textura en los días 9 y 12 fue inferior a la textura de los días 0,3 y 6. Por otra parte el nivel de extracto liofilizado de la cáscara de toronja (ELT), mostró mantener la textura en los tratamientos 1 y 3 con valores 4,08 Kg-f y 3,95 Kg-f, siendo estos valores superiores a los obtenidos en los tratamientos control y 2, con 3,13 Kg-f y 3,3 Kg-f, respectivamente.

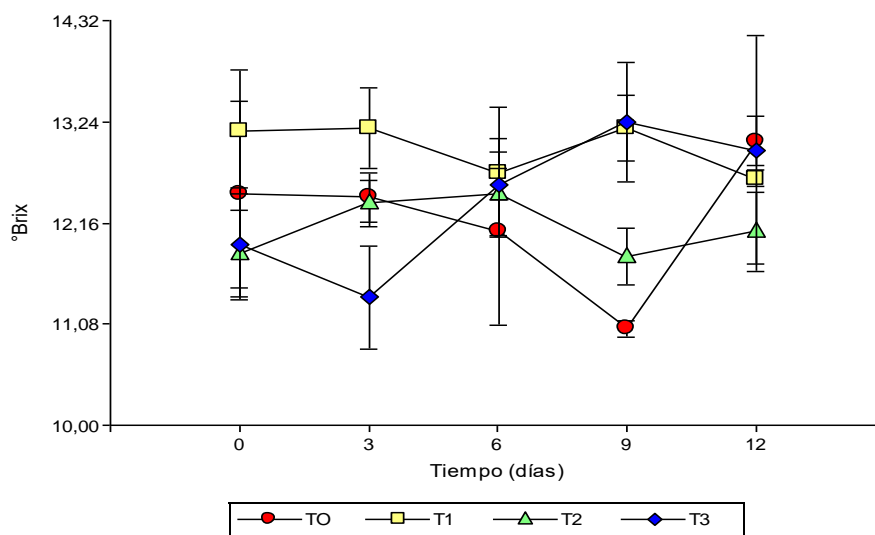
Además de esto se pudo observar en la figura 6 que el mejor comportamiento fue el del tratamiento 3 el cuál no tuvo variaciones en la línea de tiempo, lo cual no fue posible en el resto de tratamiento los cuales muestran una variación superior en el tiempo.

Esto nos indica que la aplicación de extracto liofilizado de la cáscara de toronja en un recubrimiento comestible mantiene la textura a lo largo de 12 días con menor número de variaciones.

Grados Brix

Figura 7

Media \pm error estándar de los °Brix de los trozos de manzana a lo largo del tiempo



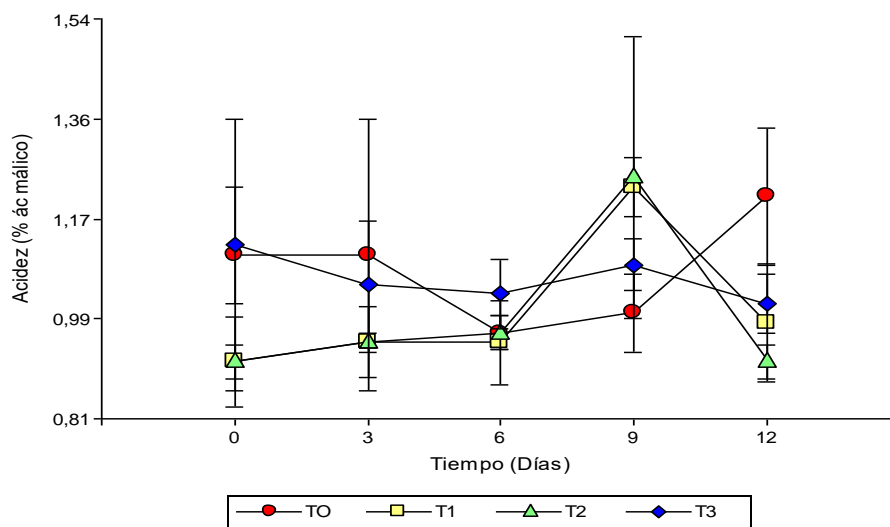
Nota. La figura muestra un diagrama de perfiles multivariados con gráfica de puntos, realizado el software Infostat, donde se representa los °Brix, de cada uno de los tratamientos a lo largo de 12 días de análisis. Figura de autoría.

No existieron diferencias significativas para ninguna de las interacciones evaluadas. Sin embargo, de acuerdo con la figura 7 podemos observar que en el día 12, el tratamiento con menor variación en los °Brix fue el 2, seguido del tratamiento 1, por otra parte, los tratamientos 3 y el control muestran la mayor variación a lo largo de los 12 días en los °Brix.

Acidez (% ácido málico)

Figura 8

Media \pm error estándar de la acidez de los trozos de manzana a lo largo del tiempo



Nota. La figura muestra un diagrama de perfiles multivariados con gráfica de puntos, realizado el software Infostat, donde se representa la acidez expresada en porcentaje de ácido málico, de cada uno de los tratamientos a lo largo de 12 días de análisis. Figura de autoría.

No existieron diferencias significativas para ninguna de las interacciones evaluadas. Por otra parte, en la figura 8, se identifica que en el día 12 el tratamiento control muestra la acidez superior con 1,22% de ácido málico, mientras que los tratamientos que contienen el extracto liofilizado de la cáscara de toronja a pesar de presentar un comportamiento similar, muestran menor porcentaje de acidez, siendo el tratamiento 2 el que mejor mantuvo esta característica a lo largo de los 12 días con un valor de 0,91% de ácido málico.

Evaluación del parámetro microbiológico.

Tabla 12

Tabla de contingencia para la ausencia o presencia de microorganismos

Nivel de ELT	Ausencia de microorganismos (%)	Presencia de microorganismos (%)	Total trozos medidos (%)
T0	13,33	11,67	25
T1	18,33	6,67	25
T2	21,67	3,33	25
T3	21,67	3,33	25
Total	75	25	100

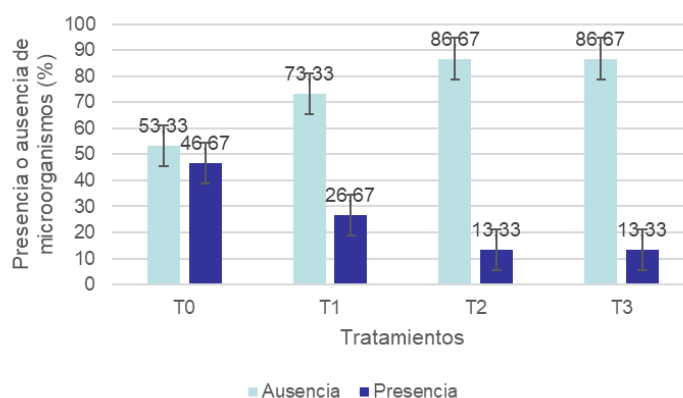
Nota. La tabla muestra el porcentaje de presencia o ausencia de microorganismos que han presentado los trozos de manzana a lo largo de 12 días de análisis. Tabla de autoría.

Se identificó por medio de una tabla de contingencia que no existe relación entre el nivel de extracto liofilizado y la presencia de microorganismos en los trozos de manzana ($P=0,1138$; $\alpha:0,05$)

Sin embargo, se determinó, que los tratamientos T2 y T3 presentaron un menor número de observaciones con presencia de microorganismos, siendo estas de un 3,33% en los 12 días de análisis, mientras que el control presentó un valor superior con la presencia de microorganismos, siendo de 11,67%.

Figura 9

Porcentaje de presencia o ausencia de microorganismos en los diferentes tratamientos.



Nota. La figura, representa la frecuencia en porcentaje de la presencia o ausencia de microorganismos en los diferentes tratamientos bajo un extracto liofilizado de toronja, a lo largo de 12 días de análisis. Figura de autoría.

Evaluación del parámetro sensorial

Tabla 13

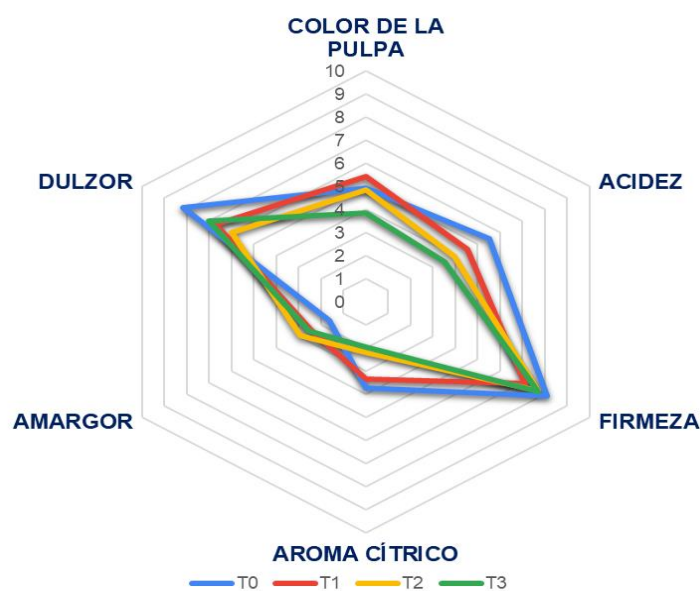
Media \pm desviación estándar para los atributos sensoriales de los trozos de manzana.

ATRIBUTOS	Concentración de extracto liofilizado de toronja			
	T0	T1	T2	T3
COLOR DE LA PULPA	4,92 \pm 2,06 a	5,44 \pm 1,96 a	4,87 \pm 1,47 a	3,84 \pm 2,05 a
ACIDEZ	5,51 \pm 2,12 a	4,56 \pm 1,78 a	3,95 \pm 1,88 a	3,51 \pm 2,51 a
FIRMEZA	8,11 \pm 1,18 a	7,1 \pm 1,73 a	7,68 \pm 1,92 a	7,72 \pm 1,92 a
AROMA CÍTRICO	3,74 \pm 3,2 a	3,35 \pm 1,75 a	2,18 \pm 2,39 a	1,97 \pm 1,46 a
AMARGOR	1,61 \pm 2,52 a	2,41 \pm 3,21 a	2,94 \pm 3,5 a	2,5 \pm 2,82 a
DULZOR	8,16 \pm 1,58 a	6,7 \pm 2,21 a	6 \pm 2,01 a	7,01 \pm 1,31 a

Nota. La tabla representa los valores de la media \pm desviación de los atributos sensoriales (medido con una escala numérica de 1-10cm), bajo un recubrimiento comestible con diferentes concentraciones de extracto liofilizado de toronja. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Tabla de autoría.

Figura 10

Atributos sensoriales de los trozos de manzana



Nota. La figura, representa un gráfico radial, donde se muestra la tendencia que han presentado los diferentes atributos de los trozos de manzana, bajo los diferentes tratamientos, con una escala de 0-10cm, donde valores que tienden a 10 muestran características más fuertes del atributo y valores que tienden a 0, características más suaves. Figura de autoría.

En la escala numérica de 1 a 10 cm, de acuerdo con (Bustingorri, 2021), se puede clasificar los atributos de la siguiente manera:

Para acidez, color de la pulpa, amargor y aroma a cítrico:

- 1-3 (producto organolépticamente comercial)
- 4-7 (límite comercial)
- 8-10 (atributo no deseado y no permiten su comercialización)

Para la firmeza y dulzor, se clasifica como:

- 1-3 (atributo no deseado y no permiten su comercialización)
- 4-7 (límite comercial)
- 8-10 (producto organolépticamente comercial)

En la figura 10 se identifica que el T3 mostró visualmente un menor pardeamiento respecto a los otros tratamientos, así como una menor acidez. Por otra parte, para el atributo del dulzor y firmeza el T0 y el T3 mostraron tener los valores superiores en comparación al T1 y T2. Para el atributo de la aromaticidad a cítrico, se evidenció que el T0 presentó un mayor aroma a cítrico junto con el T1. También se determinó el amargor, donde el T0 mostró un valor inferior al resto de tratamientos. Se debe considerar que de acuerdo a la tabla 16 no existieron diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos, por lo que sensorialmente los trozos de manzana con y sin el extracto liofilizado de toronja no tuvieron diferencias.

Discusión

Extracto liofilizado de la cáscara de toronja

El producto obtenido a partir de hidrodestilación mostró tener: un aroma fuerte a toronja, inmisible en agua, transparente, oleoso y tuvo un pH de 6, estos resultados fueron similares a lo mencionado por (Villa, 2017) quien afirma que, el aceite esencial obtenido a partir de *C. paradisi* es un líquido oleoso, transparente con un fuerte aroma a cítrico, por lo general amargo y con un pH de

5,7-5,9. Además el mismo autor quien también realizó la caracterización del aceite esencial menciona que este contiene monoterpenos, principalmente: α -terpineno y d-limoneno los que, además, tienen actividad antioxidante y antimicrobiana. De acuerdo con lo anteriormente mencionado se puede manifestar que el producto obtenido de la hidrodestilación corresponde efectivamente al aceite esencial de toronja.

También, se puede manifestar que se obtuvo un rendimiento del 6,67%, valor que es superior al obtenido por (Villa, 2017) quien obtuvo un rendimiento del 0.13mL% v/p, el valor que se obtuvo en este proyecto fue superior a lo que (Villaverde, 2018) sustenta que cuando se realizan extracciones de aceites esenciales de forma casera la cantidad de este compuesto es superior a los obtenidos industrialmente debido a que es un complejo entre el aceite esencial e hidrosol, donde este último es una mezcla entre agua y pequeñas gotas de aceite esencial, siendo también el que se encontraba en mayor cantidad.

Recubrimiento comestible a base del extracto liofilizado de la cáscara de toronja

El recubrimiento comestible obtenido siguió un orden de incorporación de cada uno de los elementos, y además se usó como único compuesto antioxidante el extracto liofilizado de la cáscara de toronja. Pues en otras investigaciones como la de (Yousuf & Singh, 2018) mencionan que en la elaboración de un recubrimiento comestible que vaya a ser usado sobre productos que presenten pardeamiento enzimático se debería pasar al alimento previamente por una solución de cloruro de calcio al 2% y después inmerso en una solución de ácido ascórbico al 2% por dos minutos cada uno, lo que permite mantener las características del producto por más tiempo. De acuerdo a (Radi & Amiri, 2017) la aplicación de ácidos como cítrico o ascórbico se realiza por que una vez que se corta un alimento inmediatamente existe un estrés oxidativo lo que ocasiona que en pocos minutos el producto genere melanina en la pulpa, generando problemas en la experimentación, por lo tanto para mantener las características de un producto mínimamente procesado antes de cubrirlo con un RC, se los debería pasar por solución con pH ácido o ácidos ascórbico o cítrico.

De acuerdo a (Velázquez & Lozano, 2007) tanto el ácido ascórbico, así como el ácido cítrico e inmerso en ellos los terpenos como el terpineno y limoneno tienen la capacidad de secuestrar el cobre del grupo prostético de la polifenol oxidasa lo que evita el pardeamiento. También afirma que dichos compuestos reducen a las o-quinonas y o-dihidroxifenólicos, inhibiendo la formación de la melanina.

Se debe recalcar también que se pasó una sola vez el RC con un rodillo de repostería sobre los trozos de manzana, que a diferencia en otros experimentos como el de (Rojas, 2018) se pasa dos a tres veces el recubrimiento sobre el alimento, con espacios para que se pueda secar entre cada una de las aplicaciones, esta acción permitiría cubrir de mejor manera la superficie cortada.

Acción del recubrimiento comestible sobre los trozos de manzana

Variable microbiológica

Estudios realizados por (Deng et al., 2020) afirma que, debido a la abundante presencia de polifenoles, taninos, flavonoides, saponinas y terpenoides en la cáscara de la toronja, sus extractos pueden tener propiedades antimicrobianas pues en su estudio determinó que un extracto etanólico del pericarpio de *C. paradisi* tiene potencial antimicrobiano contra *Escherichia coli* y otras bacterias. Mientras que en la investigación realizada a pesar de no existir una relación entre el recubrimiento comestible y la presencia de microorganismos en los trozos de manzana, se identificó que aquellos tratamientos con mayor concentración de extracto liofilizado al 4% y 6% presentaron menor presencia de microorganismos a lo largo del tiempo, esto se pudo deber a que el extracto liofilizado de toronja contiene terpenoides como γ -terpineno y d-limoneno que según (Villa, 2017) tienen propiedades antioxidante y antimicrobianas.

Por otra parte (Ah et al., 2017) en su investigación determinó que el aceite esencial de cítricos como el de limón tienen un efecto antimicrobiano sobre *Salmonella typhimurium*; también posee una mayor inhibición del crecimiento de aerobios mesófilos totales, levaduras y mohos; y

retención de color, contenido total de sólidos solubles y actividad antioxidante, manteniendo mayor tiempo la conservación de uvas de mesa a 25°C.

De igual manera (Radi & Amiri, 2017) encontró que el aceite esencial de la cáscara de naranja presentó una actividad antimicrobiana y mantuvo las características texturales de trozos de naranja. Por su parte, (Lanciotti et al., 2004) informó que la adición de 0.02% (v/w) de cítricos, mandarina, sidra, limón, y aceite esencial de lima a una mezcla de frutas mínimamente procesadas (manzana, pera, uva, durazno y kiwi) inhibió la proliferación de la microbiota y extendió la vida útil de la ensalada de frutas.

Atributos sensoriales

Los resultados del análisis sensorial nos indicaron que no existían diferencias significativas entre cada uno de los atributos, sin embargo en el tratamiento 3 con 6% de ELT se identificó un mejor comportamiento en cuando al color, acidez y dulzor respecto al resto de tratamiento con el ELT, además se pudo identificar que el control mostró un mayor aroma a cítrico (ácido), (Radi & Amiri, 2017) encontró en su análisis sensorial significancia en los aspecto de aroma, color y aceptación del producto, a su vez, menciona que el recubrimiento comestible al generar una capa sobre la superficie cortada de un alimento, impide el intercambio gaseoso lo que inactiva la acción de la polifenol oxidasa al no interactuar con el oxígeno, el cuál es uno de los mecanismos para prevenir la formación de melanina (Ioannou, 2013).

(Farina et al., 2020) también menciona que el uso de extractos de aceites esenciales de cítricos como fue en su caso el uso de aceite esencial de limón, retrasa la pérdida de calidad sensorial, donde este comportamiento podría atribuirse a su poder de inhibición de la difusión de agua y agentes anti pardeamiento

También se pudo identificar que el tratamiento control (sin ELT) mostró un mayor aroma a cítrico (ácido), a esta situación encontrada (Hasan et al., 2019) informa que al haber pasado los trozos de manzana por un RC que contiene un extracto cítrico, este tiene la propiedad de generar

una barrera física para que no escapen aromas, y además la composición del aceite esencial de toronja interactúa directamente con los compuestos de la pulpa de la manzana inhibiendo así la generación de un aroma fuerte. Esto explicaría el por qué los tratamientos con ELT al 2%, 4 % y 6% de acuerdo al jurado presentó un aroma suave a cítrico, mientras que el control generó un aroma más fuerte pues en este no hubo ninguna interacción con ningún extracto de toronja.

Variables fisicoquímicas

(Alandes et al., 2011) en su experimento determinó que aquellas muestras de manzana mínimamente procesada, bajo un recubrimiento comestible con cisteína, glutatión más lactato de calcio como texturizante, mantuvieron la textura (Kg-f) a lo largo de tiempo, a lo que el manifiesta que fue debido a la formación de pectatos de calcio lo cual mantiene la firmeza de la pared celular que conforma la pulpa, y no necesariamente por el uso de antioxidantes (cisteína y glutatión). Por otra parte (Velázquez & Lozano, 2007) menciona que en su investigación los trozos de manzana mantuvieron la textura a lo largo de 21 días de análisis, debido al pH de su principio activo (jugo de piña) el cual también posee polifenoles y terpinenos, estas características posiblemente afectan la acción de la enzima pectin metil esterasa, por lo que la estructura de las paredes celulares se mantiene. También (Radi & Amiri, 2017) identificó que el aceite esencial de la cáscara de toronja mejora las características texturales en trozos de naranja

En la presente investigación la variable que presentó diferencias significativas entre el control y los tratamientos fue la textura, donde el tratamiento con mayor porcentaje de extracto liofilizado de toronja (ELT) al 6%, mantuvo a lo largo de 12 días la firmeza (Kg-f), esto nos indicaría que se debió a la composición del ELT que al presentar un pH ligeramente ácido y en teoría polifenoles y terpinenos, inhibió la acción de enzimas como la pectin metil esterasa, manteniendo la integridad y firmeza de la pared celular y por ende de la pulpa.

El efecto antioxidante medido indirectamente por el cambio de color entre cada uno de los tratamientos, no fue significativo, resultado similar al obtenido por (Ah et al., 2017) en donde, los

valores L^* , a^* y b^* no difirieron significativamente entre las muestras recubiertas y no recubiertas durante el almacenamiento a 4 °C, sin embargo, en la presente investigación a lo largo de los 12 días se evidenció que aquellos tratamientos con menor porcentaje de ELT 2% y 4%, presentaron una menor variación del color, por otra parte, el control sin ELT y el tratamiento 3 presentaron los valores más altos.

A lo que (Assis et al., 2012) argumenta que la colorimetría en frutos bajo un recubrimiento comestible depende principalmente de la pureza de sus compuestos, así como del grosor de la capa formada por el recubrimiento y sobre todo su homogeneidad, es así que en su experimento tampoco encontró diferencias significativas en cuanto a la variación del color en trozos de manzana y a lo largo de los días de evaluación el control presentó menos variación que los tratamientos. Esta situación en donde existe una respuesta mejor para aquellos tratamientos con menor porcentaje de principio activo se puede deber a que altas dosis de compuestos antioxidantes pueden generar una prooxidación en el alimento de gama IV (Alandes et al., 2011).

Entonces de acuerdo a lo mencionado la razón por la que el T3 mostró un mayor pardeamiento enzimático se debió a la concentración del ELT que fue del 6%, por lo que las dosis adecuadas de ELT para evitar la prooxidación de los trozos de manzana serían hasta el 4%, además de esto se debería considerar el grosor de la capa de recubrimiento, pues mientras esta sea mayor existe una menor interacción entre el oxígeno con la enzima polifenoloxidasasa presente en la pulpa (Assis et al., 2012).

Respecto a la pérdida de peso, se pudo identificar que la mayor pérdida se dio en el control, pero no fue significativo, por otra parte (Radi & Amiri, 2017) encontró un efecto significativo en la cantidad de extracto de la cáscara de naranja sobre la pérdida de peso, a lo que el menciona que una mayor concentración tanto del texturizante así como del principio activo general una capa más gruesa, que impide el intercambio gaseoso y salida de vapor de agua, lo que retrasa el deterioro de la fruta.

Para el caso de las variables de °Brix, acidez (% de ácido málico), no se encontraron diferencias significativas resultados similares a los reportados por (Rojas, 2018) quién explica que estos valores a lo largo de su análisis no se vieron afectados por el recubrimiento y tuvieron un comportamiento gradual, aumentando en ambos casos.

(Cofelice et al., 2019) por su parte menciona que la acidez y el pH son parámetros importantes al evaluar la frescura de una fruta pues el pH depende de los componentes ácidos, es así que tienen una relación inversamente proporcional pues al transcurrir los días los componentes ácidos de las frutas se oxidan y decrecen, provocando un aumento en el pH.

Respecto a la variable pH, esta no fue evaluada pues en la tesis realizada por (Rojas, 2018) determinó que no existe significancia a lo largo de 9 días de análisis donde el valor se mantuvo en 3,8, además con los ensayos previos se determinó que el pH se mantenía a lo largo del tiempo y su cambio fue mínimo, arrojando valores de 3,7-4.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- El extracto liofilizado de la cáscara de toronja obtenido fue un aceite esencial, el cual mostró ser un líquido oleoso, transparente, con un aroma cítrico e inmiscible en agua, que de acuerdo con la literatura contiene γ -terpineno y d-limoneno los que, además, tienen actividad antioxidante y antimicrobiana.
- El recubrimiento comestible a base de un extracto liofilizado de toronja (ELT) al 6% mantuvo constante la textura (Kg-f) de los trozos, esto debido a la acción de la composición del extracto (γ -terpineno y d-limoneno) que inhiben la acción de la enzima pectin metil esterasa, manteniendo las paredes celulares estables a lo largo de 12 días de análisis. Además, estadísticamente este recubrimiento no fue efectivo para el controlar el efecto de la oxidación en los trozos de manzana.
- Sensorialmente el recubrimiento comestible con 6% de ELT, mostró un mejor comportamiento en cuanto a firmeza, dulzor, acidez y un menor pardeamiento enzimático (color) a los 5 días de la evaluación de los atributos descritos.
- Tras 12 días de análisis, se identificó que los tratamientos T2 y T3 con el mayor porcentaje de ELT, inhibieron el crecimiento de microorganismos hasta el día 9, donde empezaron a presentar variaciones en la coloración de la pulpa, mientras que el tratamiento control y el T1, presentaron este problema a partir del día 3 y 6 respectivamente.

Recomendaciones

- Para tener un mejor rendimiento en la obtención de aceite esencial de la cáscara de toronja se debería mejorar el equipo de hidrodestilación incorporando un termómetro para controlar la temperatura y un serpentín metálico para mejorar la condensación, lo que permitiría obtener un aceite con mayor pureza.
- En futuras investigaciones se debe realizar la cuantificación e identificación de los microorganismos presentes, por medio de un antibiograma o un recuento microbiano.
- Se debería caracterizar al aceite esencial obtenido por medio de espectrofotometría, para conocer y cuantificar cada uno de los componentes que lo conforman.
- Durante la elaboración de un recubrimiento comestible, se debe considerar el orden de los productos y la temperatura al realizar la mezcla, pues de hacerlo de manera indistinta, los componentes no se llegan a mezclar o existen precipitados.
- Se debería caracterizar los antioxidantes de los trozos de manzanas con el RC por medio de flavonoides totales y compuestos fenólicos total.

Bibliografía

- Ah, Y., Ji, Y., Young, A., Sung, J., Bin, K., & Min, S. C. (2017). LWT - Food Science and Technology
Comparison of effectiveness of edible coatings using emulsions containing lemongrass oil of
different size droplets on grape berry safety and preservation. *LWT - Food Science and
Technology*, 75, 742–750. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.033>
- Alandes, L., Quiles, A., Hernando, I., Quiles, A., & Manzana, I. H. (2011). *Manzana fresca cortada
tratada con aditivos naturales: calidad y aspectos estructurales Fresh- cut apple treated with
natural additives : quality and structural aspects. 6337.*
<https://doi.org/10.1080/19476330903503361>
- Allauca, A. (2018). *ANALISIS DE LA CADENA AGROPRODUCTIVA DE LA MANZANA (Malus) EN TRES
PROVINCIAS DE LA SIERRA-CENTRO ZONA 3. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO.*
- Assis, O., Scramin, J., & Correa, T. (2012). A COMPARATIVE EVALUATION OF INTEGRITY AND COLOUR
PRESERVATION OF. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(1), 76–85.
- Beléndez, A. (2017). *APLICACIÓN DE DIFERENTES RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES PARA LA
CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DE MANZANA.* Universidad Politécnica de Valencia.
- Berk, Z. (2016). *Morphology and chemical composition.* <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803133-9/00002-3>
- Botero, N., & Morales, G. (2000). *PRODUCCIÓN DEL MANZANA EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO CON LA
ABEJA MELÍFERA , Apis mellifera L . (HYMENOPTERA : APIDAE). 53(1).*
- Bustingorri, S. (2021). *PUESTA EN MARCHA DE UN PANEL DE CATADORES PARA EL ANÁLISIS
SENSORIAL DESCRIPTIVO DE MANZANAS AUTÓCTONAS.* Universidad pública de Navarra.
- Cerpa, G. (2007). *HIDRODESTILACION DE ACEITES ESENCIALES: MODELADO Y CARACTERIZACION.*
Universidad de valladolid.

- Cofelice, M., Lopez, F., & Cuomo, F. (2019). Coating Application. *Foods*, 8(189).
- Deng, W., Liu, K., Cao, S., Sun, J., Zhong, B., & Chun, J. (2020). *Chemical Composition, Antimicrobial, Antioxidant, and Antiproliferative Properties of Grapefruit Essential Oil Prepared by Molecular Distillation*.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. In URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Farina, V., Passafiume, R., Tinebra, I., Palazzolo, E., & Sortino, G. (2020). *Use of Aloe Vera Gel-Based Edible Coating with Natural Anti-Browning and Anti-Oxidant Additives to Improve Post-Harvest Quality of Fresh-Cut 'Fuji' Apple*.
- Gutierrez, J. (2019). *OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES A PARTIR DE LA CÁSCARA DE NARANJA POR EL MÉTODO PRENSADO DE FRÍO*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Hasan, S. M. K., Ferrentino, G., & Scampicchio, M. (2019). *Review Nanoemulsion as advanced edible coatings to preserve the quality of fresh-cut fruits and vegetables : a review*. 1–10.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.14273>
- Ioannou, I. (2013). *PREVENTION OF ENZYMATIC BROWNING IN FRUIT AND VEGETABLES*. 9(30), 310–341.
- Kanat, G., Gezer, B., Yilmaz, Z., & Akbal, Ü. (2020). *DISTILLATION: TYPES AND APPLICATIONS (Kinetics and Reactor Design Project)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17874.99524>
- Kokoszka, S., & Lenart, A. (2014). *Edible coatings – formation , characteristics and use – a review*. January 2007.

- Lanciotti, R., Gianotti, A., Patrignani, F., Belletti, N., Guerzoni, M. E., & Gardini, F. (2004). *Use of natural aroma compounds to improve shelf- life and safety of minimally processed fruits*. 15, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.10.004>
- Loreto, A. (2021). *Caracterización espacial de la incidencia de bitter pit en manzanas, en función de índices no destructivos de madurez y su posición en la planta*.
- McHuhg, T., & Senesi, E. (2000). *Apple Wraps : A Novel Method to Improve the Quality and Extend the Shelf Life of Fresh-cut Apples*. 65(3), 480–485.
- Moposita, D. (2019). *OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES A PARTIR DE CORTEZA DE NARANJA " CITRUS SINENSIS " VARIEDAD VALENCIANA*. July, 2015–2016.
- Muñiz, D., Martina, R., & Carrillo, M. (2016). *Compuestos fenólicos bioactivos de la toronja (Citrus paradisi) y su importancia en la industria farmacéutica y alimentaria Bioactive phenolic compounds in grapefruit (Citrus paradisi)*.
- Paredes, E. (2012). *ESTUDIO DEL PROCESO DE HORNEADO CON MICROONDAS Y SU EFECTO SOBRE LA TEXTURA INSTRUMENTAL DEL FRUTO DE CUATRO VARIEDADES DE MANZANA (Pyrus malus L.)*. Escuela Politécnica Nacional.
- Pérez, J. (2019). *OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL Y PECTINAS DE LA CASCARA DE NARANJA Y DISEÑO DE LA UNIDAD DE EXTRACCIÓN*. Universidad Nacional Sede Manizales.
- Piedra, F. J. (2017). *Control del pardeamiento enzimático en manzanas cortadas (Red delicious) mediante un sistema de envasado activo (Enzymatic browning control in cut apples (Red delicious) through a system of active packaging)*. 66–77.
- Radi, M., & Amiri, S. (2017). *The use of orange peel essential oil microemulsion and nanoemulsion in pectin-based coating to extend the shelf life of fresh-cut orange*. July, 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13441>

- Rojas, M. (2018). *RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE ALMIDÓN CON CÁSCARA DE MANGO MANILA (Mangifera indica L. variedad manila) ADICIONADOS A RODAJAS DE MANZANA (Malus domestica)*. BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA FACULTAD.
- Soria, N., & Viteri, P. (1995). *Manual del cultivo de manzano (Malus domestica B.) para los valles interandinos temperados del Ecuador*.
- Toalombo, O. (2014). *ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA MORA DE CASTILLA (Rubus glaucus)*. Universidad Técnica de Ambato.
- Vásquez, J. (2000). *El manzano Malus pumila Mill y recomendaciones para el cultivo en Guatemala*. ICTA.
- Velázquez, J., & Lozano, P. (2007). *INHIBICIÓN DEL OSCURECIMIENTO ENZIMÁTICO Y CAMBIOS TEXTURALES EN MANZANA GOLDEN DELICIOUS TRATADA CON JUGO DE PIÑA*.
- Viera, A. (2016). *Diseño de un modelo de gestión empresarial para el fomento de la producción de frutales caducifolios en la provincia de Tungurahua*. Universidad Andina Simón Bolívar.
- Villa, J. (2017). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos Composición química del aceite esencial de Citrus paradisi "Toronja", actividad antioxidante y determinación de la actividad antibacteriana frente a Streptococcus mutans Para optar el Grado Académico de Magíster*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Villaverde, I. (2018). *Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Yousuf, O., & Singh, A. (2018). *An innovative approach of development of edible coating for fresh cut apple fruit for value addition of horticultural produce*. April.

Zhang, W., Li, X., & Jiang, W. (2019). College of Food Science and Nutritional Engineering , China.

INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGICAL MACROMOLECULES.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.275>

Enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ClTnRJhdVZ88EZEacgOQyFeAczNAaHsj?usp=sharing>