

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

Valorización de los residuos agroalimentarios, mediante la extracción de polifenoles y aplicación en la formulación de un recubrimiento a base de goma arábica

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Químico

Autor:

Jeffersson Rodrigo Morocho Sanmartín

William Andrés Sigua Bueno

Director:

Silvana Patricia Donoso Moscoso

ORCID:  0000-0002-8556-7334

Cuenca, Ecuador

2024-07-02

Resumen

La agroindustria ecuatoriana representa un sector importante para la economía nacional, sin embargo, su actividad industrial y/o artesanal emite cantidades considerables de residuos, los cuales simbolizan un grave problema medioambiental, por lo que surge la necesidad de encontrar nuevas formas de gestionarlos. El objetivo de este trabajo es valorizar los residuos agroalimentarios mediante la extracción de polifenoles presentes en las cáscaras de frutas y su aplicación en la formulación de un recubrimiento a base de goma arábica para la conservación de tomates riñón (*Solanum lycopersicum* L). Se elaboraron dos formulaciones del recubrimiento; el primero con: goma arábica al 10% y glicerol al 1.5%, y en el segundo se incluyó el extracto enriquecido de polifenoles (1g/L). Dichos recubrimientos se aplicaron en tomates previamente lavados, mediante inmersión durante 1 minuto. Estos fueron almacenados y analizados durante 21 días a temperatura ambiente (22°C). Se realizaron análisis fisicoquímicos, tales como: pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH e índice de madurez. El tratamiento 2 (1g/L extracto de polifenoles) mostró los mejores resultados de forma general, ya que permitió la disminución de la pérdida de peso, mantuvo la firmeza de la fruta en relación al control y el tratamiento 1, además los valores de pH, acidez titulable e índice de madurez permanecieron constantes. Estos resultados se lograron gracias a la formación de una barrera semipermeable que permitió ralentizar los procesos de respiración y a su vez la pérdida de agua, se observó una sinergia entre la goma arábica y el extracto rico en componentes antioxidantes.

Palabras clave del autor: recubrimiento, goma arábica, tomate riñón, polifenoles



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

The Ecuadorian agroindustry represents an important sector for the national economy, however, its industrial and/or artisanal activity emits considerable amounts of waste, which symbolize a serious environmental problem, which is why the need arises to find new ways to manage it. The objective of this work is to valorize agri-food waste through the extraction of polyphenols present in fruit peels and their application in the formulation of a coating based on gum arabic for the conservation of kidney tomatoes (*Solanum lycopersicum* L). Two formulations of the coating were prepared; the first with: 10% gum arabic and 1.5% glycerol, and the second included the enriched polyphenol extract (1g/L). These coatings were applied to previously washed tomatoes by immersion for 1 minute. These were stored and analyzed for 21 days at room temperature (22°C). Physicochemical analysis were carried out, such as: weight loss, firmness, total soluble solids, titratable acidity, pH and maturity index. Treatment 2 (1g/L polyphenol extract) showed the best results in general, since it allowed a decrease in weight loss, maintained the firmness of the fruit in relation to the control and treatment 1, as well as the pH values, titratable acidity and maturity index remained constant. These results were achieved thanks to the formation of a semipermeable barrier that allowed the respiration processes to slow down and, in turn, the loss of water. A synergy was observed between gum arabic and the extract rich in antioxidant components.

Keywords: coating, gum Arabic, kidney tomato, polyphenols.



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Introducción	12
Objetivos.....	14
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO.....	15
1.1 Producción nacional de Naranja, Banano y Piña	15
1.1.1 Banano	15
1.1.2 Naranja	15
1.1.3 Piña.....	15
1.2 Desperdicios agroalimentarios en el País	16
1.2.1 Banano	16
1.2.2 Naranja	16
1.2.3 Piña.....	17
1.3 Composición de los residuos agroalimentarios	17
1.3.1 Naranja.	17
1.3.2 Banana.	17
1.3.3 Piña.....	18
1.4 Usos actuales de los residuos agroalimentarios.	18
1.5 Polifenoles.....	18
1.5.1 Definición	18
1.5.2 Propiedades físico químicas.....	19
1.5.3 Clasificación de polifenoles.	21
1.5.4 Fuentes de polifenoles.	24
1.6 Métodos convencionales de extracción de polifenoles.....	26
1.6.1 Maceración	26
1.6.2 Soxhlet.....	27
1.6.3 Hidrodestilación	27
1.7.4 Principio de funcionamiento.	28
1.8 Determinación de polifenoles totales	28
1.8.1 Método de Folin-Ciocalteu	28
1.8.2 Aplicaciones y usos actuales	29
1.9 Recubrimiento Comestible.....	30
1.9.1 Generalidades.....	30

	5
1.9.2 Propiedades de los recubrimientos comestibles.....	31
1.9.3 Componentes del Recubrimiento Comestible.....	32
1.10 Métodos de Aplicación.....	35
1.10.1 Inmersión	35
1.10.2 Aspersión	35
1.11 Tomate riñón	36
1.11.1 Definición	36
1.11.2 Causa de las pérdidas postcosecha del tomate riñón.....	37
CAPITULO II METODOLOGÍA	39
2.1 Parte I: Determinación de Polifenoles totales.....	39
2.1.1 Tipo y diseño de investigación	39
2.1.2 Recolección de las muestras.....	39
2.1.3 Pre tratamiento de las muestras.....	39
2.1.4 Secado.....	40
2.1.5 Molienda	40
2.1.6 Obtención del extracto vegetal etanoico.....	40
2.1.7 Determinación de Polifenoles.....	41
2.2 Parte II: Elaboración y aplicación del recubrimiento.....	43
2.2.1 Tipo y diseño de investigación	43
2.2.2 Acondicionamiento de la materia prima.....	43
2.2.3 Elaboración del recubrimiento	43
2.2.4 Aplicación del recubrimiento.....	44
2.2.5 Almacenamiento.	45
2.2.8 Análisis físico químico de las muestras del T1, T2 y Grupo de Control.....	46
2.2.6 Diseño experimental	48
2.2.7 Análisis estadístico.....	48
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
3.1 Resultado y Discusión Parte I: Determinación de polifenoles totales	49
3.1.1 Contenido de Polifenoles totales en los residuos agro industriales de Naranja en otros estudios	49
3.1.2 Resultados del Total de Polifenoles en cáscaras de naranja.....	50
3.1.3 Contenido de polifenoles totales en los residuos agro industriales de piña en otros estudios	51
3.1.4 Resultados del contenido total de polifenoles en cáscaras de piña	53

3.1.5 Resultados de contenido de polifenoles en guineo en otros estudios	6
3.1.5 Resultados de contenido de polifenoles en guineo en otros estudios	53
Tabla 9 Polifenoles en guineo de bibliografía	53
3.2 Parte II: Resultados y discusión	57
3.2.1 Pérdida de Peso.....	57
3.2.2 Firmeza.....	59
3.2.3 Potencial de Hidrógeno (pH)	62
3.2.4 Sólidos Disueltos Totales (SST).....	64
3.2.5 Acidez Titulable (AT).....	66
3.2.6 Índice de Madurez (IM)	69
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
4.1 Conclusiones	72
4.2 Recomendaciones	74
Referencias.....	75
Anexos.....	86

Índice de figuras

Figura 1 Complejo Proteína-Polifenol-Hierro	20
Figura 2 Clasificación de los polifenoles	21
Figura 3 Ejemplos de Ácidos Fenólicos	22
Figura 4 Estructura básica del grupo flavonoide	23
Figura 5 Ácido Chebulínico	23
Figura 6 Bioactivos presentes en los residuos de frutas.	25
Figura 7 Reacción entre el reactivo de Folin y el ácido gálico.....	29
Figura 8 Estructura general de la goma arábica.....	32
Figura 9 Estructura del glicerol.....	34
Figura 10 Métodos de aplicación de los recubrimientos	36
Figura 11 Porcentaje de pérdida de peso en tomates con y sin recubrimiento durante 21 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	57
Figura 12 Gráfico Fuerza vs Tiempo	60
Figura 13 Potencial de Hidrogeno en tomates con recubrimiento y control durante los 21 días de almacenamiento y análisis a temperatura ambiente	62
Figura 14 Sólidos Solubles Totales vs Tiempo	65
Figura 15 Acidez titulable en tomates con recubrimiento y control durante el almacenamiento a temperatura ambiente.	67
Figura 16 Índice de madurez en tomates con y sin recubrimiento durante 21 días de almacenamiento.....	70

Índice de Tablas

Tabla 1 Polifenoles Identificados en Residuos Cítricos	24
Tabla 2 Propiedades y rendimientos de los polifenoles en los residuos cítricos.	26
Tabla 3 Variables de análisis	44
Tabla 4 Cantidad (unidades) de tomates utilizados para los análisis.....	45
Tabla 5 Rendimientos de extracción de polifenoles en residuos de naranja con otros estudios.	49
Tabla 6 Resultados de Contenido Total de Polifenoles obtenidos en la cáscara de naranja.	51
Tabla 7 Polifenoles presentes en piña de bibliografía	52
Tabla 8 Resultados de Contenido total de polifenoles en cáscaras de piña	53
Tabla 9 Polifenoles en guineo de bibliografía.....	53
Tabla 10 Resultados de Contenido total de polifenoles obtenidos en la cáscara de guineo.....	55
Tabla 11 Prueba Inter sujetos para porcentaje de pérdida de peso	58
Tabla 12 Prueba de Tukey para el porcentaje de pérdida de peso durante los 21 días de almacenamiento.....	58
Tabla 13 Prueba de efectos Inter sujetos ANOVA para firmeza.	61
Tabla 14 Prueba de Tukey para firmeza durante los 21 días de almacenamiento.....	61
Tabla 15 Prueba Inter sujetos ANOVA para pH	63
Tabla 16 Prueba de Tukey para pH durante los 21 días de almacenamiento.....	63
Tabla 17 Prueba Inter sujetos ANOVA para SST.....	65
Tabla 18 Prueba de Tukey para SST durante los 21 días de almacenamiento.	66
Tabla 19 Prueba Inter sujetos ANOVA para acidez titulable.	67
Tabla 20 Prueba de Tukey para acidez titulable durante los 21 días de almacenamiento...	68
Tabla 21 Prueba Inter sujetos ANOVA para Índice de Madurez.....	70
Tabla 22 Prueba de Tukey para Índice de Madurez durante los 21 días de almacenamiento.	71

Dedicatoria

A mi padre y a mi madre, por apoyarme durante estos años, por darme la fortaleza para poder seguir adelante y alcanzar mis metas.

A mi esposa Tatiana, por estar a mi lado desde que inició este camino universitario y por siempre confiar en mí y darme la mano en los momentos más difíciles.

A mi hija Saskia, por ser mi motivación para no rendirme, para despertar cada mañana y seguir luchando por ella.

A mis hermanos, por creer en mí, por ayudarme cuando los he necesitado y por su apoyo.

A mis suegros y cuñados, por apoyarme en muchas ocasiones cuidando de mi hija, para que yo pueda alcanzar este logro.

Jeffersson

Dedicatoria

“A mi hermano Jesús Adrián, por estar siempre en los momentos más difíciles, y a mi familia con la que convivo esporádicamente.”

William

Agradecimiento

A Dios, por darnos la sabiduría y la capacidad de poder llegar al final de este camino.

A nuestra tutora Dra. Silvana Donoso, por acompañarnos en esta trayectoria, por su tiempo y por su apoyo durante la investigación.

A la Universidad de Cuenca y a los docentes de la Carrera de Ingeniería Química, por compartirnos sus conocimientos y enseñarnos a ser buenos profesionales.

A los compañeros que hemos tenido a lo largo de la carrera universitaria por los momentos que compartimos y por apoyarnos siempre.

Al Dr. Fabián León y la Dra. Jessica Calle, por ayudarnos con sus conocimientos y colaboración.

Jeffersson y William

Introducción

En la actualidad, en el Ecuador el sector agrícola es considerado uno de los principales ejes de la economía. Para el año 2018 se registró una producción de más de 23 mil millones de kilogramos de cultivos agrícolas, encontrándose entre los principales productos: la caña, el banano, la naranja, la papa, el plátano y el arroz (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018).

En los últimos años, la agroindustria se ha vuelto importante para la economía del país, ya que se evidencia un crecimiento en la industria de alimentos y bebidas, de alrededor del 4.3% representando el 39% del PIB de la industria manufacturera (Cámara de Industrias de Guayaquil, 2020).

Pese a esta aportación de la agroindustria, existe otra realidad, y es la generación de residuos que esta ocasiona. El Ecuador genera un aproximado de 2 millones de toneladas por año de residuos provenientes de la agroindustria, que en su mayoría corresponden a compuestos de almidón y desechos lignocelulósicos (Riera et al., 2018).

La gestión de estos desechos producidos por las agroindustrias, no es la adecuada con respecto a los daños ambientales que causan. Por lo general, estos desechos son quemados de manera no controlada o simplemente son colocados en botaderos a cielo abierto o en terrenos baldíos (Riera et al., 2018), sin embargo, no son tomadas en cuenta las posibles aplicaciones y/o beneficios para otras industrias.

En el Ecuador, no existe un correcto aprovechamiento de los residuos generados ya sea por las agroindustrias, o los residuos provenientes de las pérdidas emitidas en las etapas de: postcosecha, almacenamiento, y comercialización; esto debido a un desconocimiento de las potenciales propiedades y características presentes en aquellos subproductos agroindustriales, además de no existir procesos ecológicos y rentables a una escala mayor, con los que se pueda aprovechar dichos residuos (Peñafiel et al., 2015), es decir, existe una inmensa cantidad de materia prima que está a disposición para sintetizar nuevos productos innovadores y sostenibles.

Los residuos agroindustriales por lo general son utilizados para la producción de biodiesel, bioetanol, biogás, son usados para la elaboración de pellets sólidos con el fin de obtener energía. También han sido utilizados para la obtención de alimentos para animales, como abono orgánico, entre otros. Además, pueden ser aprovechados como una fuente de valiosos compuestos bioactivos, que es un tema que en el Ecuador no se le ha dado tanta relevancia, en particular compuestos fenólicos que se encuentran presentes en las cáscaras y semillas

de los alimentos, compuestos que sirven como antioxidantes y antimicrobianos que tienen un alto valor agregado (Alvarado et al., 2023).

Por otro lado, una de las aplicaciones actuales sujeta a varios estudios, son los recubrimientos y/o películas comestibles, que representan una tecnología innovadora, segura y efectiva; que permiten prolongar la vida útil de las frutas y hortalizas, y además sirven como vehículos o portadores de agentes bioactivos que dan como resultado otros beneficios, ya que podrían ayudar a mantener las propiedades de las frutas, verduras u hortalizas en las cuales sea aplicado (Dhall, 2013).

En este contexto, el objetivo de este estudio fue valorizar los residuos generados por las agroindustrias o de las pérdidas generadas en la etapa postcosecha, mediante la extracción de compuestos activos (polifenoles), presentes en las cáscaras y su utilización en la formulación de un recubrimiento a base de goma arábica que será aplicado sobre tomates riñón (*Solanum lycopersicum L*) con el fin de extender su vida útil.

Objetivos

Objetivo General

Valorización de los residuos de frutas mediante la extracción de polifenoles y aplicación en un recubrimiento a base de goma arábica.

Objetivos Específicos

- ❖ Extracción de polifenoles de las cáscaras de naranja, banano y piña, a partir del método de maceración.
- ❖ Cuantificación de polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu
- ❖ Elaboración del recubrimiento a base de goma arábica y su aplicación en tomate riñón mediante el método de inmersión.
- ❖ Evaluar el comportamiento de los tomates con y sin tratamiento, durante el almacenamiento a temperatura ambiente a través de análisis fisicoquímicos (pérdida de peso, firmeza, pH, sólidos solubles, acidez titulable e índice de madurez)

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1 Producción nacional de Naranja, Banano y Piña.

1.1.1 Banano

En el Ecuador se cosechan cerca de 500 variedades de banano, sin embargo, la que más se produce, es la variedad Cavendish; la misma es capaz de adaptarse tanto a climas semiáridos, así como subtropicales (Fernando et al., 2014;). Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), Ecuador registró en 2010 una producción anual de 7931060 Ton de Banano (Isabel Pérez Arcos Zamorano, 2012), mientras que en 2021 fue cerca de 6.68 millones de toneladas, representando un incremento significativo del 10.98% con respecto a 2020 (Diego Orbe Maritza Cuichán. et al., 2022). Aunque entre 2010 y 2021 se evidenció una notable caída, en la actualidad el banano sigue siendo el principal producto de exportación agrícola, y el principal productor a nivel mundial, ya que en 2022 registró un volumen de exportación de 234.42 millones de cajas de banano” (México et al., 2023).

1.1.2 Naranja

En el país la especie de naranja *citrus sinensis*, es la variante más común. En 2017, la producción nacional de naranjas ascendió a cerca de 142546 toneladas, siendo la costa la región que mayor aporta, con un valor de 74840 toneladas, seguido por la sierra con 63317 toneladas y la región amazónica con 4293 toneladas. Este claro dinamismo en el mercado agrícola nacional, es aprovechado para establecer diferentes acuerdos de exportación, con mercados internacionales, tales como: USA, China, Europa, Canadá y Latinoamérica (Bajaña et al., 2019). Este auge agrícola se debe a la superficie que se destina al cultivo de la naranja, en Ecuador cerca de 55953 hectáreas son de uso exclusivo para este fruto (naranja) (Segovia Montalván et al., 2022).

1.1.3 Piña

Se trata de un fruto disponible todo el año, siendo las variedades más presentes en el litoral ecuatoriano: la Cayena Lisa (Champaca o Hawaiana) y la Golden Sweet o simplemente MD2, esta última posee una gran demanda en el mercado nacional e internacional, debido a su dulce sabor (Quiroz et al., 2019). Este cultivo tropical registró en 2018, una producción de 149548 toneladas de las cuales la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cubrió el

66.91% de la producción anual; así mismo, el 80.54% de la fracción destinada a exportación también fue satisfecha por la misma provincia. Desde el año 2012, la cosecha de piña en el país ha ido en aumento, en ese mismo año se registró una producción neta de 100000 toneladas, (ESIN Consultora S.A., 2014) presentando un aumento aproximado de 49000 Toneladas, con respecto a 2018. Así mismo el estudio realizado por (ESIN Consultora, 2014) reporta que las provincias del Guayas, Los Ríos, y Santo Domingo de los Tsáchilas, son los mayores centros de producción nacional de este cultivo. Por ejemplo, la provincia del Guayas aporta a la producción total, con 1500 hectáreas, de las cuales 600 hectáreas se encuentran en Naranjito, y 500 hectáreas en El Empalme (México et al., 2023). Consecuentemente las exportaciones desde 2015 hasta 2020 se incrementaron en un 127.53%, con incrementos progresivos en cada año (Justillo Carlos & Ramírez Defilippi, 2021).

1.2 Desperdicios agroalimentarios en el País.

1.2.1 Banano

Las Musáceas son uno de los principales cultivos en Ecuador, y a nivel global. Cada año, la demanda en el mercado nacional, genera ingentes cantidades de residuos de este fruto, donde únicamente la pulpa es de interés alimenticio, dejando atrás las cáscaras, y el raquis de los racimos (Solano-Apunes et al., 2022). En general los residuos agroalimentarios provienen del procesamiento y/o consumo directo de los frutos, como también de las pérdidas que sufre la mercadería agrícola en sus diferentes cadenas de suministro. Por ejemplo, se estima que, en Ecuador, durante la postcosecha se pierde entre un 10 y 80% de la cosecha de banano, debido a un inadecuado manejo (Solano-Apunes et al., 2022). En el banano (*Mufasa Cavendish*) entre un 30 a 40% de su peso corresponde solo a la cáscara; lo que significa que, por cada caja de 18 Kg de producto, 7.2 kg pertenecen a desperdicios. Sin embargo, calcular con certeza las cantidades de residuos generados por este cultivo es complicado debido a la poca información disponible. Un estudio realizado en 2018, estimó de manera indirecta, 7067370 de kg de residuos de este cultivo (Riera et al., 2018).

1.2.2 Naranja

El 50% del peso de este fruto es aprovechado para fines alimenticios, mientras que el restante corresponde a residuos; además, solo en el sector artesanal (vendedores ambulantes) de la ciudad de Quito, se estima que se generan 16200 kg de subproductos (cáscaras) diarios (Palacios Cabrera et al., 2019). De acuerdo a las estimaciones de Riera y colaboradores (2018) en el país se producen cerca de 513660 kg de residuos de residuos, relacionados con

este fruto tropical. Las estimaciones de los residuos producidos en el país, se pueden calcular o estimar en base a la producción nacional, por ejemplo, la provincia de Bolívar posee aproximadamente 10639 hectáreas dedicadas únicamente para el cultivo de naranjas, representando el 65% de la producción nacional (Segovia Montalván et al., 2022). Además, se calcula una tasa de producción de 80000 naranjas por hectárea de suelo cultivado (Agroindustrial et al., 2014). A partir de los rendimientos o tasas de producción, es posible inferir un valor cercano a las cantidades reales de subproductos agrícolas (cáscaras de naranjas) emitidos en el sector agroindustrial a nivel nacional. En 2014, este valor fue de 6.70 t/ha, mientras que en 2015 fue de 4.25 t/ha (Karla Rivas Y. & Luis Zambrano M, n.d.). Bajo este contexto se podría estimar una tasa de emisión de residuos agrícolas, siendo de 3.35 t/ha y 2.125 t/ha respectivamente.

1.2.3 Piña

Las estimaciones de la emisión de los subproductos de este cultivo realizadas por ESIN Consultora S.A (2014), expone a la provincia del Guayas como la región que más residuos de este fruto produce al año, en 2014 se registraron cerca de 77943.83 toneladas. De manera similar a la naranja, el 50% del peso de la piña consiste en residuos, como cáscaras.

1.3 Composición de los residuos agroalimentarios

1.3.1 Naranja.

Los cultivos cítricos como la naranja son una fuente de compuestos bioactivos como carotenoides, fibra, vitaminas y compuestos fenólicos, los mismos que están distribuidos en toda la planta y ofrecen distintas propiedades que son responsables de ciertas funciones, color, sabor, etc. El proceso de industrialización de esta fruta genera subproductos como las semillas y las cáscaras que son considerados como desperdicios. La cáscara que es desechada contiene una amplia variedad de productos secundarios, entre ellos los polifenoles (Ordoñez-Gómez et al., 2018b).

1.3.2 Banana.

La banana considerada una de las frutas tropicales más producidas en el Ecuador y en el mundo, su cultivo equivale al 16% de la producción mundial de frutas, posee propiedades antioxidantes y nutricionales en su cáscara. Existen estudios que han reportado que la cáscara de esta fruta posee compuestos como galocatequina, ascorbato y dopamina.

Además, es una importante fuente de fibra dietética y también destaca su contenido en potasio, vitamina B6 y B12, polifenoles, carotenoides y magnesio (Marín-Velázquez, 2020).

1.3.3 Piña.

La cáscara de piña, está conformada por lignina, hemicelulosa y celulosa, que son polímeros vegetales, la cáscara representa alrededor del 20 % de la fruta fresca. Se han encontrado valores de 70.6% de fibra dietética y un alto contenido de miricetina que es el principal antioxidante encontrado en este residuo. Además, se detectó la presencia de metabolitos secundarios como carotenos, hidrocarburos, azúcares reductores, triterpenos, esteroides, saponinas, taninos y flavonoides (Trujillo Orellana, 2021).

1.4 Usos actuales de los residuos agroalimentarios.

Actualmente en el Ecuador, no se da un correcto aprovechamiento a los residuos que son generados por la industria agroalimentaria o provenientes de la postcosecha, debido a que se desconoce el valor de los mismos. A menudo gran parte de estos residuos son quemados de manera descontrolada o son acumulados de forma inadecuada en botaderos a cielo o en terrenos vacíos. Sin embargo, estos poseen características químicas y biológicas que hacen que sea un recurso valioso para diferentes aplicaciones (Almendros et al., 2015). Su potencial de valorización depende del tipo y cantidad de residuos, contando para ello con alternativas de primera y segunda generación. En la actualidad, a estos residuos se les da una valorización de primera generación, es decir se orienta a la obtención de productos de consumo, como biogás, bioetanol, bio-hidrógeno, alimento para animales, compost, entre otros usos. Mientras que la valorización de segunda generación, busca la extracción de componentes tales como fenoles, azúcares, almidón, ceras, resinas, quitosano, aminoácidos, etc. Este tipo de valorización en el Ecuador no ha tenido mucha acogida o aprobación, ya que necesita de procesos de conversión química y catalítica, conversión biológica y síntesis limpia (Riera et al., 2018).

1.5 Polifenoles

1.5.1 Definición.

Son metabolitos secundarios de las plantas, grupos fitoquímicos comunes en la naturaleza, los cuales desempeñan funciones vitales en el crecimiento, reproducción y mecanismo de defensa contra patógenos y depredadores. Estructuralmente, los compuestos fenólicos o

simplemente polifenoles, constan de uno o más anillos aromáticos, enlazados con uno o más grupos hidroxilo en su estructura molecular (Balasundram et al., 2006; Wu et al., 2024).

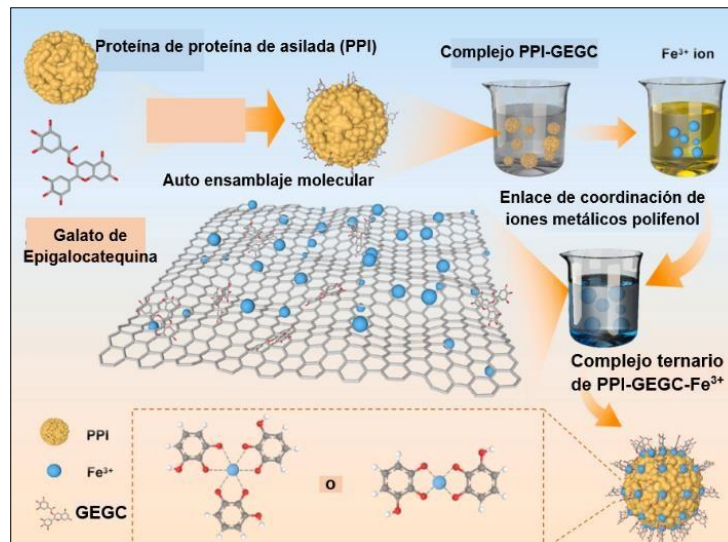
1.5.2 Propiedades físico químicas.

Como se había mencionado anteriormente, los polifenoles se caracterizan por su fuerte reactividad para eliminar radicales libres y quelantes metálicos, gracias a su estructura molecular. La relación entre su actividad química y su estructura se denomina: “relaciones de estructura-actividad” (SAR). A continuación, se describen algunas de las características inherentes a su estructura molecular:

- El número y posición del grupo hidroxilo, en relación con el grupo carboxilo, aumenta la actividad antioxidante, en ácidos fenólicos (Li et al., 2024).
- A mayor aporte de protones (H^+) por parte del grupo $COOH^+$, mayor será la estabilidad en los radicales libres, aumentando el poder antioxidante (Li et al., 2024).
- Los polifenoles pueden interactuar con iones y proteínas para formar complejos de proteína-polifenol-hierro, con propiedades tensoactivas, y antioxidantes (Li et al., 2024).

Figura 1

Complejo Proteína-Polifenol-Hierro



Nota. Fuente (Li et al., 2024)

En la Figura 1 se observa el complejo formado entre, la proteína de guisante (PPI), el galato de epigallocatequina-3 (Polifenol EGCG), y el ion metálico hierro (Fe³⁺), con propiedades emulsificantes, antioxidantes y/o antibacterianas. Estas propiedades evidentemente son producto de la sinergia de cada uno de los componentes que forman parte del complejo (Li et al., 2024). En el estudio realizado por Ballon y colaboradores (2024) argumentan el incremento en la actividad antioxidante provocado por la conjugación covalente entre proteínas y polifenoles. Algunos de los polifenoles conjugados con éxito son: el ácido tánico (tanino) y el ácido clorogénico (ácido fenólico) (Ballon et al., 2024).

Por otro lado, los polifenoles tienen la facultad de reaccionar con las membranas microbianas, lo que provoca la ruptura de la misma, y la emisión hacia el exterior del contenido del celular; es el caso del compuesto EGCG (galato de epigallocatequina-3) mencionado anteriormente, el cual es responsable de incrementar la permeabilidad en la pared celular, inhibiendo la bacteria *Escherichia coli*, según el caso estudiado en Wang y colaboradores (2024). No obstante, en diferentes estudios se ha observado la sensibilidad de los polifenoles a su descomposición, bajo condiciones fluctuantes de: luz, temperatura, y pH; este hecho compromete y limita el uso de estos bioactivos, así como de sus beneficiosas propiedades. Para ello se ha propuesto la encapsulación de los polifenoles, con el fin de mejorar la estabilidad, bio accesibilidad y biodisponibilidad salvaguardando su integridad durante el

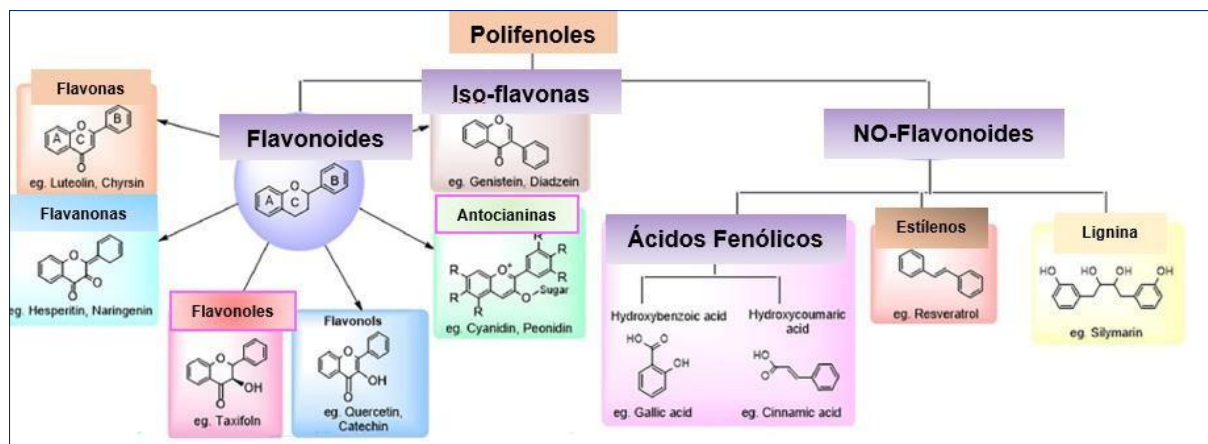
procesamiento. La formación de emulsiones protege y gestiona de mejor manera la liberación progresiva de los compuestos fenólicos, en diferentes medios (Kaur et al., 2024).

1.5.3 Clasificación de polifenoles.

La clasificación de los polifenoles depende de la composición, cantidad y disposición de los átomos de carbono en la estructura fundamental, referida a los núcleos aromáticos, y sus respectivos grupos funcionales sustituyentes, tales como: ésteres, éteres, ácidos carboxílicos y glucósidos entre otros. Esta distinción permite clasificar a los compuestos fenólicos en dos grupos: flavonoides y no flavonoides (Sharma et al., 2024).

Figura 2

Clasificación de los polifenoles



Nota. Fuente: (Sharma et al., 2024)

Los grupos más importantes hacen referencia a: los ácidos fenólicos, los flavonoides y los taninos (Balasundram et al., 2006).

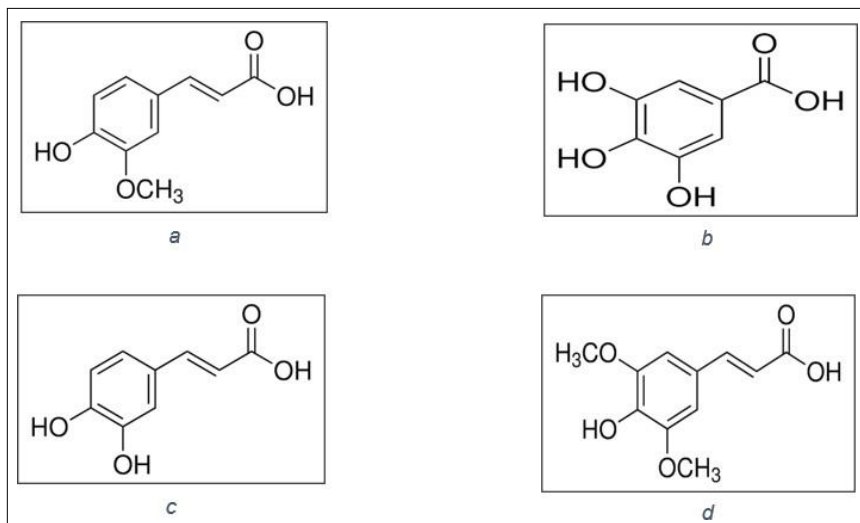
1.5.3.1 Ácidos fenólicos.

Poseen una excelente capacidad antioxidante, la cual depende de la presencia de grupos -OH, que se encuentran en la molécula. Esta propiedad a su vez, se encuentra ligada con la facilidad que posee este grupo funcional de inhibir a los radicales libres (Luan et al., 2023), que los convierten en componentes bioactivos, con propiedades antioxidantes, antibacterianas y anticancerígenas, implementados ampliamente en la industria alimentaria y farmacéutica, además de su alta biocompatibilidad con el metabolismo humano, estabilidad química y solubilidad con el agua. Entre los componentes comunes, de este grupo se puede mencionar: el ácido ferúlico (FA), el ácido sinápico (SA), y el ácido cafeico (CA), todos de

origen vegetal; presentes en la naturaleza de forma libre, conjugada e insolubles (Duan et al., 2024).

Figura 3

Ejemplos de Ácidos Fenólicos



Nota. (a) Acido Felúrico, (b) Acido Sinápico, (c) Acido Cafeico, (d) Acido Gálico.

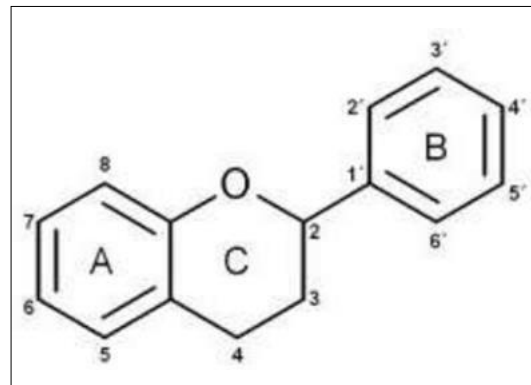
Fuente: (Mikova et al., 2023)

1.5.3.2 Flavonoides.

Estos compuestos se caracterizan por contener dos anillos aromáticos, unidos por un puente de 3 carbonos, con una estructura general de: C₆-C₃-C₆, como se indica en la figura. Entre las principales funciones fisiológicas que desempeñan estos metabolitos en la planta, constande: proporcionar pigmentación en las flores, atracción de polinizadores, otorgar protección contra radiación ultravioleta, además participan activamente en la defensa contra microorganismos patógenos. Hoy en día, se documentan cerca de 80 tipos de flavonoides, principalmente provenientes de frutos y plantas cítricas, entre las cuales se pueden mencionar subgrupos como: flavonas, flavanonas, flavonoles y antocianinas (T. Wang et al., 2024).

Figura 4

Estructura básica del grupo flavonoide.



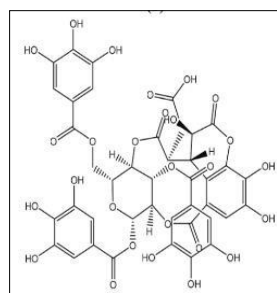
Nota. Fuente: (Guiance et al., n.d.)

1.5.3.3 Taninos.

Son flavonoides, con un peso molecular entre: 500 y 3000 uma, (Mikova et al., 2023) presentes en: frutas, verduras, cereales y semillas. Los taninos son capaces de interactuar con las proteínas y desnaturalizarlas; este fenómeno es esencial en el mecanismo de defensa de las plantas, diseñada contra herbívoros vertebrados, provocando astringencia, sequedad y arrugas en la cavidad bucal. Se trata entonces de compuestos altamente reactivos con carbohidratos y proteínas, debido a su facultad de formar enlaces de hidrógeno con otras macromoléculas (Melo et al., 2023). Otra aplicación de los taninos es su uso en la industria alimentaria como conservante, debido a su facultad antioxidante y antibacteriana (Mikova et al., 2023).

Figura 5

Ácido Chebulínico



Nota. Fuente: Mikova 2023

Además, en la industria textil se busca continuamente pigmentos naturales que reemplacen a los sintéticos; de manera tal que se pueda hacer frente a los inconvenientes ecológicos

asociados al uso de aquellos. Por ejemplo, el fruto *Terminalia chebula* es una fuente rica en taninos, entre los cuales se puede destacar al ácido chebulínico, que cumple una función vital como bio-colorante utilizado para teñir, piezas de: cuero, lana, algodón y seda (Bashir et al., 2024).

1.5.4 Fuentes de polifenoles.

La principal fuente redituable y óptima de compuestos fenólicos hacen referencia a los residuos de la industria agroalimentaria, es el caso de los frutos cítricos que genera cerca de 40 millones de toneladas de residuos al año, compuesto mayormente por cáscaras. Entre los polifenoles cítricos encontrados en esta materia prima, constan: hesperidina, quercetina, rutina, ácido tánico y resveratrol, todos con propiedades benéficas para el ser humano. La extracción de estos y otros compuestos fitoquímicos, a partir de subproductos agroalimentarios suponen una gran ventaja, en lo referente a sostenibilidad y economía circular (Tapia-Quirós et al., 2024).

En la tabla 1, se describe el tipo de compuesto fenólico, y su respectiva materia prima de extracción (Ajmal Shah et al., 2024).

Tabla 1
Polifenoles Identificados en Residuos Cítricos

Fuente (Cáscara)	Principal flavonoide identificado
Naranja agria. (<i>C. sinensis</i>)	Ácido cafeico, ferúlico, sinápico y neoriocitrina.
Cáscara fresca de naranja (<i>C. sinensis</i>)	ácido cafeico, naringina, ácido p-cumarico y rutina.
Mandarina (<i>C. reticulata</i>)	Hesperidina, quercetina, ácido cafeico, ácido clorogénico, ácido ferúlico y naringina.
Limón (<i>C. limón</i>)	Ácido ferúlico, p-cumarico, sinápico y cafeico.

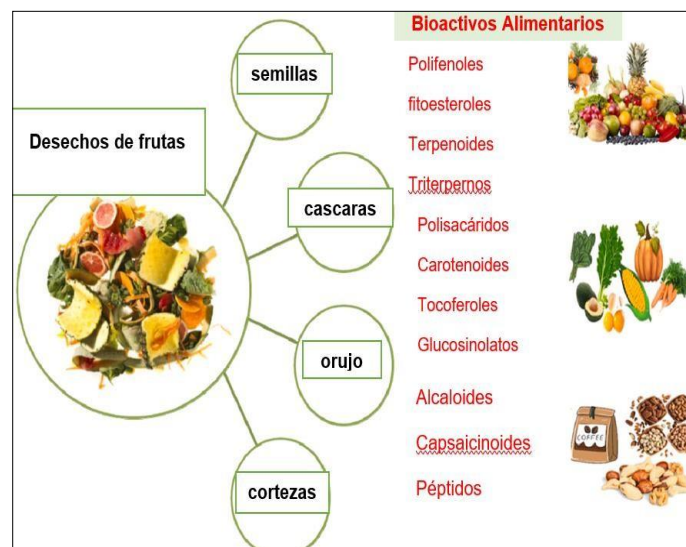
Nota. Fuente: (Balasundram et al., 2006)

No obstante, el grupo de los ácidos fenólicos, (excelentes antioxidantes) se encuentran comúnmente en bebidas, como: el vino, el té y el café, así como en verduras, cereales integrales, frutas, e incluso en el chocolate (Sharma et al., 2024).

Evidentemente, el procesamiento de frutas y otros productos agrícolas, emiten dos tipos de desechos: sólidos, conformados por: semillas, huesos y cáscaras y los desechos líquidos, compuesto por el jugo y/o agua emitida en el lavado. Ya sea sólido o líquido, los desechos de esta industria, han sido analizados ampliamente, permitiendo conocer de cerca los tipos de compuestos bioactivos presentes en los desechos agroalimentario según la figura 6.

Figura 6

Bioactivos presentes en los residuos de frutas.



Nota. Fuente: (Sharma et al., 2024)

Es importante identificar el conjunto de compuestos bioactivos, presentes en el residuo frutícola, para desarrollar una aplicación.

En la tabla 2 se observa las propiedades de los compuestos bioactivos hallados en los desechos provenientes del procesamiento de frutas.

Tabla 2

Propiedades y rendimientos de los polifenoles en los residuos cítricos.

Fruto	Parte del desecho	Contenido de bioactivos/ rendimiento	Propiedades
Banana	Cáscara	Carotenoides: (3-4 mg de luteína/ kg).	Eliminadores de radicales y agentes anticancerígenos.
Piña	Cáscara	Compuestos fenólicos totales: 5.42-13.2 g de GAE/kg. Polifenoles: ácido cumárico, ácido ferúlico, ácido cafeico, ácido 4-hidroxibenzoico, entre otros.	Antimicrobiano (contra <i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> y <i>listeria</i>) Alto potencial antioxidante: DPPH de 53.4 a 234 mg de TE/g.
Cáscara	Limón	Ácido p-hidroxibenzoico: 54 mg/kg Ácido cafeico: 31 mg/kg Ácido ferúlico: 46 mg/kg Rutina: 52 mg/kg Limoneno: 48 mg/kg Citropeno: 12.2 mg/kg	Nutraceuticos y fibra dietética.

Nota. Equivalente Trolox (TE). Fuente: (Ritika et al., 2024)

1.6 Métodos convencionales de extracción de polifenoles.

Por métodos convencionales o extracción sólido- líquido convencional se entiende cualquier proceso que requiera una maceración simple en un disolvente ya sea con o sin agitación, a presión atmosférica y a temperaturas entre temperatura ambiente y reflujo. Cabe recalcar que para este método convencional existen parámetros importantes que impactan en la eficiencia de la extracción, como el disolvente a usarse, la relación disolvente-sólido, temperatura y tiempo de extracción (Zwingelstein et al., 2020).

1.6.1 Maceración

La maceración es un proceso físico-químico en el cual se emplea un solvente como etanol, metanol o hexano, siendo los más comunes, con el fin de extraer compuestos de materia prima como plantas, frutas o vegetales. En la maceración hay que tener en cuenta varios factores que son clave para obtener un mayor rendimiento, como, la temperatura, el tipo de solvente, la relación sólido/solvente y el tiempo de maceración (López Pinedo, 2015).

La maceración se basa en el movimiento, intercambio y la distribución uniforme de las sustancias sólidas (materia prima) en una mezcla hidroalcohólica, en donde el sólido a macerar se extrae y se queda en dicha solución hasta que se llegue a un punto de equilibrio (Bastidas Campos, 2011).

La técnica de maceración puede ser de dos tipos: maceración en frío y maceración en caliente. La maceración en frío, se basa en colocar la materia prima (cáscaras, hojas, semillas, etc) en un envase de vidrio en adición de alcohol, durante un tiempo determinado para la extracción de los compuestos de interés. Una ventaja de este tipo de maceración, es que se extraen los compuestos sin ningún tipo de alteración o disminución. Mientras que la maceración en caliente, la única diferencia es la temperatura que se aplica en el proceso, y con esto se disminuye el tiempo de maceración, es decir existe una aceleración en el proceso. Sin embargo, la aplicación de calor, puede causar la disminución de compuestos de interés como compuestos fenólicos (Ortiz, 2014).

1.6.2 Soxhlet

La extracción Soxhlet, llamada así por su creador, Franz Ritter Von Soxhlet, fue diseñada en un principio únicamente para la extracción de grasas de la leche, sin embargo, en la actualidad ha sido ampliamente utilizada para extraer compuestos bioactivos de gran valor de fuentes naturales como plantas, frutas, cáscaras, semillas y hojas (Azmir et al., 2013).

La técnica Soxhlet es un método simple, que puede dar mejores rendimientos de extracción en comparación con técnicas como la maceración o la percolación. Sin embargo, presenta algunas desventajas, como el tiempo prolongado de extracción y sobre todo el desperdicio de grandes cantidades de solvente que además puede causar problemas ambientales.

1.6.3 Hidrodestilación

La hidrodestilación es un método convencional para la extracción de compuestos bioactivos y de aceites esenciales de las plantas, en esta técnica no intervienen los disolventes orgánicos. Existen tres tipos de hidrodestilación: destilación en vapor, en agua y de agua-vapor. En la hidrodestilación, el primer paso es colocar en un alambique o destilador la materia prima, y añadir una cantidad de agua suficiente, que luego va a ser llevado a ebullición. De manera alterna, se inyecta vapor directo en la muestra de la planta. De esta manera, el vapor y el agua caliente actúan como los principales factores que influyen en la liberación de los compuestos bioactivos de interés. En la etapa de enfriamiento se condensa

la mezcla de aceite y agua, y esta mezcla fluye hacia un separador donde el aceite y los compuestos bioactivos se separan del agua de forma automática (Azmir et al., 2013).

1.7.4 Principio de funcionamiento.

Las técnicas de extracción emergentes tienen en común, en acelerar el equilibrio químico entre el interior de la fase sólida (materia prima seca granulada), y la fase continua (solvente) del sistema heterogéneo. Los componentes presentes en la materia sólida son transferidos al solvente, debido a un gradiente de concentración, o fuerza impulsora, a la vez, este fenómeno físico depende en gran medida de la superficie entre ambas fases, y del tiempo que se tarde en alcanzar el equilibrio químico. Los nuevos métodos de extracción ecológicos, como la extracción asistida por ultrasonido (EAU), la extracción asistida por microondas (EAM), la extracción asistida por cavitación hidrodinámica (EACH), convierten la energía cinética en calor que destruye y dispersa la pared celular vegetal, aumentando la superficie de la interfase y disminuyendo el tiempo de saturación de la fase continua (disolvente). Generalmente en aquellas técnicas se generan implosiones microscópicas muy enérgicas que incrementan la temperatura, y provocan cambios de presión abruptas que mejoran aún más el rendimiento de extracción, al facilitar el contacto entre fases (More et al., 2022; More & Arya, 2021; Motikar et al., 2020).

1.8 Determinación de polifenoles totales

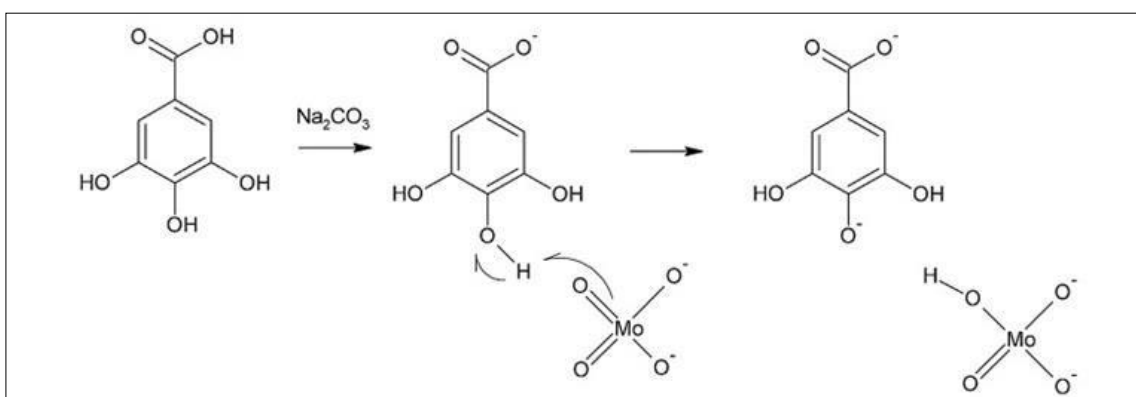
1.8.1 Método de Folin-Ciocalteu

El método de Folin-Ciocalteu (FC), es una técnica de análisis instrumental colorimétrico; el cual mide la concentración de polifenoles totales, en función del grado de coloración azul de las muestras tratadas. La reacción se fundamenta, en el cambio de color que provoca la interacción entre los compuestos polifenólicos y el reactivo de Folin-Ciocalteu, en un pH básico (pH=10). El color azulado es característico de esta reacción, y es sensible a una longitud de onda de 765 nm, el cual se puede observar en un equipo de espectrofotometría de absorción atómica. El reactivo de Folin-Ciocalteu, está conformado por una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico, de color amarillento, y cambian de color azul, al ser reducido por grupos fenólico; debido a que el reactivo de FC, puede capturar uno o dos electrones y formar, en este caso al ion complejo $(\text{MoW}_{11}\text{O}_{40})_4^-$, responsable del cambio de color (azul) en la reacción. Cabe recalcar que esta reacción ocurre en un medio básico, en el cual, se hace uso del carbonato de sodio para ajustar el pH del medio hasta un valor de 10 (Martínez & López, n.d.; Muñoz-Bernal et al., 2017). Sin embargo, los extractos vegetales

poseen moléculas no polifenólicas que pueden reaccionar con el reactivo de FC, y dar una sobreestimación de los resultados, algunos de los compuestos orgánicos que pueden interferir en la medición, constan de los siguientes: azúcares (fructosa, glucosa), aminoácidos y ácido cítrico (Martínez & López, n.d.; Muñoz-Bernal et al., 2017).

Figura 7

Reacción entre el reactivo de Folin y el ácido gálico.



Nota. Fuente: (Muñoz-Bernal et al., 2017)

En la izquierda de la figura 7, el ácido gálico actúa como polifenol estándar en la determinación de polifenoles totales, la reacción ocurre en un medio básico propiciado por el carbonato de sodio. Se puede observar como la sal de Molibdato Sódico, componente principal del reactivo de Folin-Ciocalteu, cede un electrón de valencia proveniente del Molibdeno, al grupo hidroxilo del ácido gálico. A su vez el protón del grupo hidroxilo, se incorpora a uno de los dobles enlaces del oxígeno de la sal (Molibdato Sódico). De manera similar sucede con la sal de Wolframato, dichas sales se reducen, y los polifenoles se oxidan en una reacción redox.

1.8.2 Aplicaciones y usos actuales.

Los polifenoles, poseen propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Balasundram et al., 2006). Además, los extractos ricos en estos bioactivos (fenoles, polifenoles, antocianinas) se pueden incluir en la formulación de recubrimientos comestibles a base de polisacáridos (alginato, agar, goma arábiga entre otros), el cual es capaz de formar una película delgada, con propiedades de barrera selectiva al flujo de vapor de agua y CO_2 ; permitiendo extender el tiempo de vida de anaquel de la fruta tratada (Etemadipoor et al., 2020; Moreno et al., 2020). Por tanto, la elaboración de recubrimientos comestibles, pueden desenvolver un papel

sustancial en la conservación de frutas y/o vegetales. Estos materiales, poseen propiedades mejoradas, ya que son capaces de mantener la calidad microbiana, química y sensorial de las frutas percederas, permitiendo extender el tiempo de vida útil de la misma (Shahbazi et al., 2021). Por tanto, se puede describir como una técnica novedosa diseñada para ralentizar el deterioro natural de las frutas, retardando la pérdida de masa (humedad), además de reducir la tasa de respiración, mediante los componentes activos (antioxidantes y antimicrobianos) que se incluyan en la matriz del polímero (Díaz-Mula et al., 2012; Shahbazi et al., 2021). Estos resultados se obtienen gracias a la sinergia que ocurre entre la matriz, (biopolímero) y el componente activo (aceites esenciales, ácidos orgánicos y extractos ricos en polifenoles), que se emplea en la elaboración del recubrimiento.

1.9 Recubrimiento Comestible.

1.9.1 Generalidades.

Los biopolímeros son una buena alternativa a los plásticos sintéticos tradicionales utilizados ampliamente en envases y recubrimientos alimenticios, esto debido a sus evidentes características de sostenibilidad con el medio ambiente. Estos materiales se pueden usar para la elaboración de recubrimientos comestibles, destinados a extender el tiempo de vida de anaquel de las frutas y alimentos; los mismos se podrían consumir directamente con el alimento, o eliminar de la fruta según sea necesario. Aquellos materiales deben mantener o mejorar las propiedades organolépticas del alimento, además deben poseer una estabilidad estructural, microbiológica y presentar propiedades barreras, protegiendo al alimento de ataques físicos, químicos y microbiológicos. Algo que se debe remarcar es la propiedad barrera que ofrecen estos recubrimientos, pues son capaces de inhibir parcialmente el flujo de oxígeno hacia el interior del fruto, evitando que se produzca la actividad enzimática, como es el caso de las enzimas polifenol oxidasa y peroxidasas responsables de la oxidación del alimento; esto conlleva a extender considerablemente el tiempo de vida de anaquel de los frutos (Bajaj et al., 2023). En adición a esto, los recubrimientos y películas comestibles, pueden estar hechos a base de polisacáridos (almidón, quitosano, celulosa, carragenina), proteínas (suero y caseína), entre otros (Chavan et al., 2023).

A continuación, se detallan algunas características que los recubrimientos a base de polisacáridos.

- El recubrimiento no debe obstaculizar la tasa mínima de respiración requerida para la supervivencia de los frutos.

- No debe interferir en el color, olor y sabor del alimento.
- Debe ser capaz de mejorar las propiedades organolépticas sin afectar su integridad natural.
- Debe ser barato de elaborar, y asequible para la venta al público.

(Bajaj et al., 2023)

Los recubrimientos se formulan con metabolitos naturales, tales como: aceites esenciales, ácidos orgánicos, y compuestos fenólicos, haciéndolos ideales para recubrir frutas o frutos con pulpa (Castro-Cegrí et al., 2023). En adición, estos componentes activos son posibles elaborarlos a partir de los residuos agroalimentarios, ya que los mismos son una fuente rica en compuestos bioactivos, responsables en gran medida de ciertas propiedades microbianas y antioxidantes (Gaspar & Braga, 2023). En retrospectiva, estos biomateriales junto con metabolitos naturales, pueden reducir las pérdidas de los frutos durante la etapa de postcosecha, manteniendo el color, peso y estructura de la fruta (Andriani & Abyor Handayani, 2023).

1.9.2 Propiedades de los recubrimientos comestibles

Las películas y recubrimientos comestibles poseen características de barrera a gases y al vapor de agua, propiedades antimicrobianas, antioxidantes y mecánicas tales como la adhesión y adsorción (Yaashikaa et al., 2023).

Los recubrimientos a base de polisacáridos, generalmente son de naturaleza hidrofílica, formados por una red enlaces de hidrógeno, que otorgan la característica propiedades de barrera al oxígeno, como se describió al inicio. Sin embargo, al ser hidrofílico no ofrecen una barrera óptima al flujo de oxígeno (Bajaj et al., 2023). A breves rasgos las propiedades y efectividad que pueda ofrecer una película y/o recubrimiento comestible dependerá de la composición y estructura de los biopolímeros usados en su elaboración (Yaashikaa et al., 2023). Para mejorar las propiedades barreras de estos recubrimientos generalmente se suele combinar con otro tipo de materiales, tales como: proteínas y lípidos que ofrecen una mayor resistencia al flujo de vapor de agua, y formar estructuras mixtas (Kupervaser et al., 2023). Estas matrices o biopolímeros, son capaces de usarse como portador de moléculas bioactivas, componentes naturales como: probióticos, sustancias antimicrobianas, antifúngicas y antioxidantes que pueden extender el tiempo de vida útil de los alimentos (Leite et al., 2023).

1.9.3 Componentes del Recubrimiento Comestible

1.9.3.1 Matriz o material base

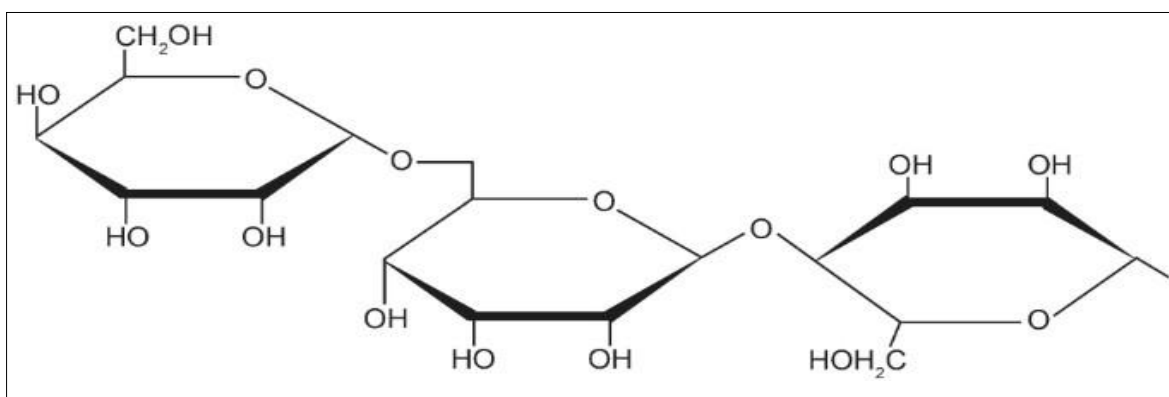
Como se mencionó anteriormente, los recubrimientos comestibles están conformados de diferentes biopolímeros, tales como: proteínas, lípidos y polisacáridos, de los cuales es posible combinarlos con el fin de mejorar sus propiedades. Sin embargo, los polisacáridos son empleados mayormente para la elaboración de este tipo de materiales, entre los cuales podemos mencionar: quitosano, celulosa, pectina, almidón, carboximetil-celulosa, gomas entre otros (Castro-Cegrí et al., 2023).

Por ejemplo, la goma arábica es un polisacárido altamente ramificado, proveniente de ciertas especies de Acacias, con un pH ligeramente ácido, se trata de un biopolímero de alto peso molecular el cual varía entre: 1×10^5 a 2×10^6 g/mol, convirtiéndolo en un polímero heterogéneo, es decir, compuestas de moléculas de diferentes azúcares y pesos moleculares.

No representa ningún grado de toxicidad para el ser humano, es barato de procesar, sostenible además de ser biodegradable; el uso por sí solo de la goma arábica (GA), para la elaboración de recubrimientos o películas pueden presentar propiedades barreras y mecánicas deficientes por lo cual, se recomienda combinarlos con otras matrices o componentes bioactivos (Jiang et al., 2023).

Figura 8

Estructura general de la goma arábica.



Nota. Fuente: (Elsevier & Abdalbasit Adam Mariod, 2018)

Estos recubrimientos, frecuentemente presentan baja flexibilidad, debido a las elevadas fuerzas intermoleculares en el interior de las cadenas ramificadas, produciendo una vez

formado el recubrimiento, escamas, ampollas y grietas alrededor de la superficie formada. Por ello se hace uso de plastificantes que reducen o evitan estos inconvenientes (Tiamiyu et al., 2023).

En el estudio realizado por Jiang y colaboradores (2023) se describe la implementación de extractos vegetales, en la formulación de recubrimientos comestibles, destinados a proteger activamente a diferentes alimentos, como: frutas postcosecha y frutas recién cortadas. La importancia de agregar estos componentes ricos en fenoles, se evidencia en la mejora sustancial de las propiedades funcionales en recubrimientos a base de goma arábica. En el mismo estudio anterior Zhao y colaboradores (2023) se concluye una evidente sinergia entre: la goma arábica y quitosano como matrices poliméricas y el aceite esencial de tomillo y un extracto de naranja sanguina rico en antocianinas como componentes activos, forman un eficiente envase que prolongan la vida útil de la leche tratada.

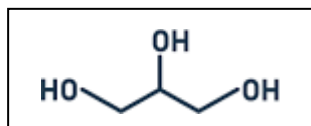
1.9.3.2 Plastificante

El plastificante, es un compuesto de mucha importancia en la elaboración de un recubrimiento comestible, estos son moléculas de bajo peso molecular, y se añaden en la formulación con el objetivo de mejorar propiedades como la funcionalidad y la flexibilidad de los recubrimientos, haciéndolos menos frágiles. Dentro de los plastificantes más usados se encuentran: el glicerol, ácidos grasos, sorbitol, aceites y ceras, y el glicerol (Vázquez-González et al., 2020).

1.9.3.3 Glicerol

El glicerol ($C_3H_8O_3$), también llamado 1,2,3, propanotriol, es un polialcohol, que posee tres grupos hidroxilos y que se conoce como glicerina comercialmente. Es un líquido viscoso, incoloro, inodoro y debido a la presencia de los tres grupos hidroxilo es higroscópico, es decir que tiene afinidad con el agua (Lafuente, 2017).

Figura 9
Estructura del Glicerol



Nota. Fuente: (Lafuente, 2017)

Como se mencionó anteriormente, las sustancias plastificantes son necesarias incorporarlas en la formulación del recubrimiento, ya que permite que la fragilidad disminuya y al mismo tiempo aumenta la elasticidad del recubrimiento, ya que por lo general los recubrimientos tienden a ser quebradizos y poco elásticos. Además de ser usado como plastificante el glicerol, se ha usado en los recubrimientos para mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua, ya que al aumentar la concentración de dicho compuesto también incrementa la resistencia al vapor de agua (Tapia et al., 2008). Sin embargo, tienden a diluir la estructura del recubrimiento y a aumentar la permeabilidad del mismo a la humedad y los gases, por lo que su formulación en el recubrimiento debe ser muy cuidadosa.

1.9.3.4 Solvente

De acuerdo con Cristancho & Rincón (2010), el solvente es un factor importante que se emplea en la formación de la matriz y que influye en las características del recubrimiento, ya que con una máxima solvatación se producirán recubrimientos con estructuras más cohesivas. Los solventes más empleados para los recubrimientos están limitados al agua principalmente, al etanol o a una combinación de estos.

1.9.3.5 Compuesto activo

En la actualidad, los consumidores exigen que los alimentos frescos estén libres de sustancias químicas, y buscan alimentos con sustancias de origen natural que sean beneficiosas para la salud y que sobre todo mantengan las características de los alimentos, ya sean sensoriales y/o nutritivas. Es por eso que se ha dado énfasis o más atención a la búsqueda de sustancias que actúen como fuentes alternativas de antioxidantes y microbianos (Quintero et al., 2010).

Es por esto que las nuevas tecnologías que se aplican en la industria de los alimentos, involucran el uso de compuestos naturales con propiedades bioactivas. Existen varios

proyectos que afirman que estos compuestos podrían prolongar la vida útil de los productos (Nombrét & Salazar, 2019).

En los recubrimientos se pueden incorporar aditivos con distintas funciones entre las cuales pueden ser compuestos bioactivos capaces de aumentar el valor nutricional, antioxidantes, antimicrobianos, sustancias para mantener la textura, etc. Los aditivos naturales con propiedades antimicrobianas que han sido estudiados en los últimos años son: enzimas y lisozimas, polisacáridos, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos (Ancos et al., 2015).

1.10 Métodos de Aplicación

Los métodos de aplicación de estos recubrimientos o películas comestibles pueden ser desde: inmersión directa, pulverización, extrusión, y rociado/brocha. Seleccionar una técnica de aplicación está en función directa de la superficie y forma del fruto (Firdous et al., 2023).

1.10.1 Inmersión

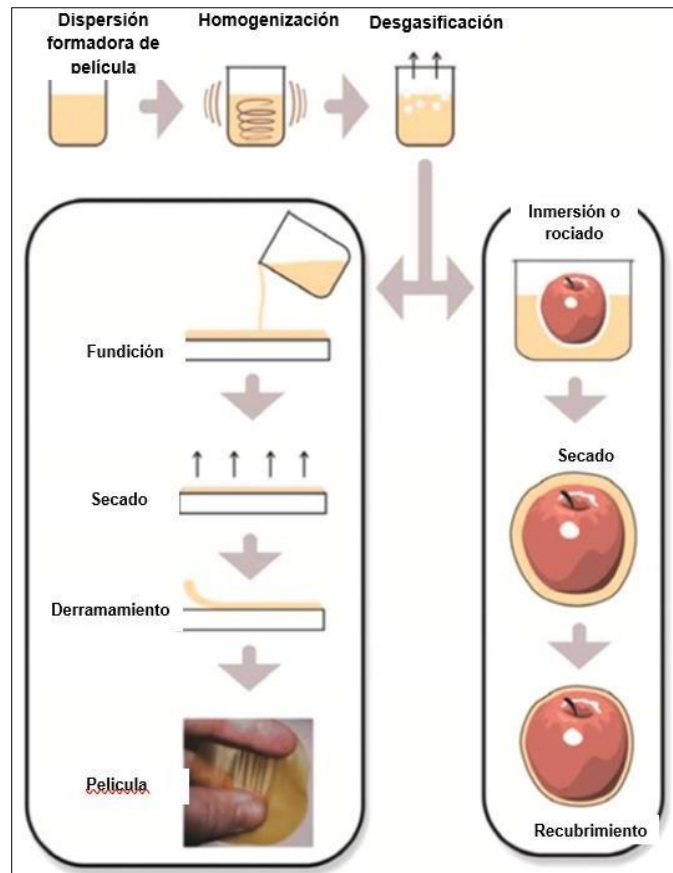
El método de inmersión es el más usado para el recubrimiento de alimentos, se emplea en alimentos ya sean de superficie regular o irregular Herskho y colaboradores (1996) expone que los alimentos recubiertos por inmersión deben someterse a una etapa de escurrido y secado, esto con el objetivo de que el recubrimiento quede completamente adherido a la superficie de los alimentos (Hershko et al., 1996). La inmersión ofrece un contacto completo entre el alimento y el material, permitiendo aumentar las funcionalidades del recubrimiento en cuanto a sus facultades: antimicrobianas, antioxidantes, nutricionales entre otros. Este método requiere una etapa de secado al aire ambiente o un flujo forzado, para efectuar la formación correcta de la capa delgada (Andriani & Abyor Handayani, 2023).

1.10.2 Aspersión

Otro método también muy usado ampliamente es la aplicación del recubrimiento por aspersión, este presenta la ventaja de que evita que se consuma de manera excesiva el recubrimiento, pero presenta el problema de una pobre distribución del material de recubrimiento sobre la superficie que se va a cubrir (Andrade et al., 2013).

Figura 10

Métodos de aplicación de los recubrimientos



Nota. Fuente: (Leite et al., 2023)

1.11 Tomate riñón

1.11.1 Definición

El tomate riñón (*Solanum lycopersicum L*), es una hortaliza que pertenece a la familia de las solanáceas y es procedente de América del Sur, concretamente de la zona de los Andes, integrada por Chile, Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia, en donde existe la mayor cantidad de variedades, ya sea diferencias en aspectos como: color, sabor, tamaños. Además, anualmente su demanda va en crecimiento de manera continua, es por ello que se puede evidenciar un aumento notable en su producción y comercialización (Loaiza, 2013).

El tomate riñón según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), ocupa el tercer lugar en referencia a la cantidad de volumen producido anualmente, sólo por debajo de la papa (*Solanum tuberosum*) y el camote (*Ipomoea batata*) (FAO, 2013).

El tomate es la hortaliza que más se comercializa en el mundo y la que presenta un mayor valor económico. Como se mencionó anteriormente, en los últimos años se ha notado un incremento productivo, y esto se debe a que existe un mayor rendimiento más no al aumento de la superficie en la que se lo cultiva. Además de que el tomate riñón fresco, tiene una gran variedad de aplicaciones gastronómicas (Loaiza, 2013). En la actualidad el consumo de tomate es tan popular gracias a que se dio la aparición de la salsa de tomate, y esto al ser un producto muy versátil se puede combinar con un sin número de alimentos. Además de que contiene excelentes cualidades organolépticas y un alto valor nutricional, ya que aporta vitamina C (Cepeda, 2015).

En cuanto a producción nacional, el tomate riñón representa alrededor de un 22% del total de hortalizas que se cultivan en el Ecuador, solo por debajo de la cebolla (22.41%). Sin embargo, este rendimiento es muy bajo (88933 kg/ha) comparado con la media del continente americano (252688 kg/ha) (Calle, 2006).

1.11.2 Causa de las pérdidas postcosecha del tomate riñón

El tomate riñón, al ser un producto perecible y con una actividad acuosa elevada, tiende a deteriorarse con mayor facilidad y rapidez, ya sean por razones fisiológicas o por la invasión de plagas. Las pérdidas postcosecha ocurren en cualquier etapa de la comercialización, ya sea durante la cosecha, acopio o distribución. Existen algunas causas para que se den estas pérdidas postcosecha, las cuales se clasifican en primarias y secundarias (FAO, 2013).

1.11.2.1 Primarias.

Estas están relacionadas específicamente a biológicas y microbiológicas: es decir, plagas o enfermedades que se pueden presentar en el tomate. Químicas y bioquímicas ya sea por contaminación con productos químicos o pesticidas. Mecánicas como cortes, golpes, desgarros durante la postcosecha y fisiológicas, por ejemplo, cambios causados por funciones del propio tomate como respiración y transpiración (Enríquez, 2017).

1.11.2.2 Secundarias.

Esto hace referencia netamente a infraestructura en la etapa de almacenamiento, transporte y a un sistema de mercadeo inadecuado, es decir, un manejo inapropiado de la cosecha, por parte de los comerciantes o distribuidores (Enríquez, 2017).

De acuerdo a la mencionado por Guamán (2017) a nivel nacional, las pérdidas que se generan en la postcosecha del tomate riñón desde que se cosecha hasta el consumidor es del 35%, esto como resultado de la falta de conocimiento acerca del buen manejo del fruto en la etapa de postcosecha. Es importante mencionar que en el Ecuador alrededor del 40% de la producción agrícola sufre pérdidas en dicha etapa.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Parte I: Determinación de Polifenoles totales

A continuación, se describe la metodología correspondiente a cada ítem, los cuales hacen referencia a dos fases, la primera fase consistió en una investigación descriptiva, en donde se buscó determinar la presencia de polifenoles, mientras que, en la segunda fase, se desarrolló una investigación cuasiexperimental, destinada a indagar la correlación entre el tipo de formulación aplicada en tomates frescos y la calidad de los mismos, a través del tiempo.

2.1.1 Tipo y diseño de investigación

Esta sección se ejecutó bajo una tentativa descriptiva orientada en medir y comprobar la presencia de compuestos polifenólicos, mediante la técnica de Folin Ciocalteu estandarizada por el Grupo de Plantas Medicinales del Departamento de Biociencias, de la Facultad de Ciencias Químicas. Esta determinación se realizó en residuos catalogados como agroindustriales, los cuales hacen referencia a: cáscaras de guineo, piña y naranja.

2.1.2 Recolección de las muestras.

La selección de la materia prima se efectuó bajo un criterio de muestreo por conveniencia, la materia prima se recolectó del Mercado 10 de agosto y el restaurante “El Nuevo Paraíso”, ya que se disponían de grandes residuos de cáscaras de guineo, piña y naranja.

Los residuos fueron recogidos el 18 de octubre de 2023 al mediodía, almacenándolos en bolsas zip a temperatura ambiente (22°C), con aproximadamente una libra de cáscaras frescas de cada fruta.

2.1.3 Pre tratamiento de las muestras.

El pretratamiento de las cáscaras se efectuó inmediatamente después de la recolección, en el Laboratorio de Farmacognosia, se separó la pulpa restante de la cáscara y fueron cortadas en secciones de aproximadamente 1 cm², mediante el uso de un cuchillo y tabla de picar, posteriormente se pesaron 450 gramos de cada residuo y se almacenaron en fundas herméticas zip a temperatura ambiente (22°C).

2.1.4 Secado

Las cáscaras frescas de cada fruta almacenadas, se distribuyeron de manera uniforme en bandejas de aluminio hasta alcanzar 450 gramos de materia prima. Luego, se inició el proceso de secado a 50 °C durante 48 horas, mediante el uso de la estufa modelo Ecocell del laboratorio de Suelos. Una vez finalizado el secado, las cáscaras se pesaron y se obtuvo un aproximado de 115 gramos, 60 gramos y 55 gramos de cáscaras secas de naranja, guineo y piña, respectivamente.

2.1.5 Molienda

De acuerdo al rendimiento obtenido en el secado, la materia prima seca se sometió a un proceso de molienda y triturado, con el fin de reducir el tamaño de partícula hasta un valor menor al de un tamiz malla 40 ASTM. Para esta etapa las cáscaras se introdujeron en una licuadora de uso doméstico, de 3 velocidades marca “Oster”, el material granulado se hizo pasar por un tamiz de malla 40 ASTM, la fracción retenida por la malla se volvió a triturar con la licuadora, además se complementa con el uso de un mortero de porcelana.

2.1.6 Obtención del extracto vegetal etanoico.

2.1.6.1 Maceración

En seis botellas de vidrio de 750 ml, se agregaron 10 gramos del material finamente granulado, luego, se añadió etanol al 80% en una proporción 1:15 con respecto al material sólido. Las botellas se envolvieron totalmente con papel aluminio, para luego, colocarlas en el equipo de agitación constante modelo New Brunswick, del Laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Ciencias Químicas. La maceración duró 4 días a temperatura ambiente (20°C) constante a 150 rpm (Safdar et al., 2017).

2.1.6.2 Filtrado.

Después de 4 días de maceración, el contenido de las botellas se hizo pasar por medio de un colador de tela, esto con el objetivo de acelerar el proceso de filtración y separar a las partículas de mayor tamaño. Después, se filtró con papel filtro Whatman No.1 adquirido en la casa comercial: Multiciencias del Ecuador S.A de la Ciudad de Guayaquil, para obtener un extracto color amarillo pálido homogéneo, libre de material en suspensión, se midió el volumen del extracto etanólico recolectado con un rendimiento del 80%, es decir, el 20% del

volumen inicial de macerado quedaba adsorbido en la materia sólida, y se almacenó en botellas de vidrio color ámbar bajo refrigeración, durante 15 días.

2.1.6.3 Recuperación del solvente.

Los extractos etanólicos se sometieron a una destilación al vacío, mediante el equipo de rotaevaporador, modelo: A-567, a una temperatura de 50 °C a presión reducida de 250 mbar con el fin de recuperar el solvente usado en un inicio, y concentrar el extracto. Se mide el volumen de la fracción no condensada (extracto enriquecido con polifenoles), y se almacena en botellas ámbar bajo refrigeración (4°C) durante 24 horas. Este proceso se aplica únicamente a la materia prima con mayor contenido en polifenoles totales, y estrictamente para la formulación y elaboración del recubrimiento orgánico.

2.1.7 Determinación de Polifenoles

2.1.7.1 Muestreo para la determinación de polifenoles.

De cada lote (Mercado 10 de agosto y Nuevo Paraíso) se obtuvo un volumen de 120 ml de extracto etanólico por cada fruta (naranja, piña y guineo), y se realizó la determinación del contenido total de polifenoles por triplicado, en concentraciones diluidas al 25 %, dando como resultado un total de 18 muestras.

2.1.7.2 Preparación de las diluciones. - Este ensayo se realizó sobre los extractos etanólicos no concentrados. En primer lugar, se utilizó una micropipeta de volumen variable 100-1000 microlitros marca: “Boeco” adquirida en el laboratorio de Farmacognosia; para extraer un volumen 250 microlitros del extracto original, y se afora en un tubo eppendorf de 1.5 ml, luego se añade 750 microlitros de metanol al 50%. Se etiqueta cada tubo con la siguiente nomenclatura: G.L1.25, G.L2.25, en donde se indica la inicial de la fruta, el número de lote y el porcentaje de dilución de la muestra inicial.

2.1.7.3 Elaboración de la curva de calibración

La curva de calibración fue proporcionada por el Grupo de Plantas Medicinales de la Facultad de Ciencias Químicas. A continuación, se describe la elaboración de la recta de calibración, optimizada para cuantificar polifenoles totales, tomando como estándar al ácido gálico.

Se debe formar soluciones en concentraciones de 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625 y 0.03125 mEq/L, de ácido gálico como estándar, además de un blanco. Se miden las absorbancias y se calcula la ecuación de la recta mediante el método de mínimos cuadrados.

2.1.7.4 Preparación de reactivos.

- **Solución de metanol.** - El metanol se usó como disolvente en las muestras iniciales (extractos etanólicos sin concentrar), se diluyó hasta un 50% v/v con agua destilada.
- **Solución de carbonato de sodio.** - Se pesó 7.42 g de carbonato de sodio y se aforo en 100 ml de agua destilada, para obtener una concentración de 700 mM.
- **Solución de Folin Ciocalteu.** - Se tomó 5 ml del reactivo de Folin y se aforo en 50 ml de agua destilada, para obtener una concentración al 10% v/v.

2.1.7.5 Método de Folin Ciocalteu.

En microtubos se colocó una alícuota de 100 μ L de muestra previamente diluida (cada una trabajada por triplicado) y una solución patrón con 200 μ L de solución de Folin al 10 % y mezclar vigorosamente. Luego de ello se dejó reposar por un tiempo de 5 minutos para que la reacción se lleve a cabo. Transcurrido este tiempo, se agregó 800 μ L de Na_2O_3 700 mM y se homogeneizó con ayuda del vortex. Los tubos se almacenaron en la oscuridad durante una hora a temperatura ambiente para que la reacción tenga lugar. Luego de este tiempo, se inspeccionaron los tubos; en el caso de existir notable precipitación, deben ser centrifugados. En el caso de haber precipitación, se sugiere centrifugar los tubos a 6000 rpm durante 2 minutos. De cada tubo, se toma una alícuota de 200 μ L, y se coloca en la celda de medición del equipo de espectrofotometría de absorción atómica modelo: "Mycro Plate Reader" a una longitud de onda, $\lambda = 765$ nm. La lectura de las absorbancias se realizó en el laboratorio de Análisis Microbiológico.

2.2 Parte II: Elaboración y aplicación del recubrimiento

Al finalizar la extracción y determinación de polifenoles totales (primera parte), en el siguiente apartado el extracto obtenido en la formulación de un recubrimiento comestible diseñado para extender el tiempo de vida de anaquel de tomates frescos.

2.2.1 Tipo y diseño de investigación.

La presente parte experimental, analizó la relación entre el tipo de recubrimiento aplicado y la calidad de los tomates frescos a lo largo del tiempo. Para ello, se establecieron 6 ensayos destinados a medir las características físico-químicas, tales como: pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales, pH, acidez titulable e índice de madurez, estas pruebas se realizaron en 3 grupos diferentes los cuales consistieron en: grupo de control (GC), tratamiento 1 (T1) y tratamiento 2 (T2); cada grupo estuvo conformado por 40 ejemplares (tomate riñón), es decir un total 120 unidades, cada una de las pruebas mencionadas, se ejecutó por triplicado. Las repetidas mediciones se realizaron durante 21 días, en intervalos de 3 días.

Los datos fueron procesados por el software IBM SPSS, con el fin de realizar un análisis de varianza (ANOVA) por cada ensayo de calidad, y evaluar si se presenta alguna relación entre las variables independientes (tiempo y tipo recubrimiento) y las variables dependientes, en este caso definidas como los ensayos de calidad previamente mencionados. Posteriormente se efectuó un análisis post ANOVA (Tukey) para comprobar si existe una diferencia estadística significativa entre los 3 grupos tratados, e identificar qué tratamiento fue el mejor.

2.2.2 Acondicionamiento de la materia prima.

Los tomates riñón fueron adquiridos en el mercado El Arenal, en presentaciones de 25 unidades y trasladados al laboratorio de Alimentos del Departamento de Biociencias, en el campus Balzay. Los tomates blandos, verdes y maltratados fueron desechados y no participaron en el estudio. Además, los ejemplares fueron lavados con jabón líquido y con agua potable y secados al ambiente, para su posterior uso.

2.2.3 Elaboración del recubrimiento.

2.2.3.1 Recubrimiento tratamiento 1 (T1).

La solución formadora del recubrimiento, se preparó en base a la dosificación expuesta por Ali (2010), con la siguiente modificación, se prescindió del monoestearato de glicerol al 1% y en su lugar se usó glicerol (1.5% v/v). Primero se pesó 50 g de goma arábica, en una

proporción del 10% p/, y se aforo en 450 ml de agua destilada, posteriormente se calentó en un agitador magnético con calentamiento constante a una temperatura de 40°C, durante 1 hora, hasta completar la disolución de la goma, Una vez finalizadas la disolución de la goma, se agregó 7.5 ml de glicerol y se removió manualmente durante 10 minutos. Finalmente, la solución, se aforó hasta un volumen total de 500 ml.

2.2.3.2 Recubrimiento tratamiento 2 (T2).

La solución se formuló de manera similar a la solución anterior según cita. Después de finalizar la solución completa de la goma arábica 10% p/v y de añadir el plastificante (glicerol 1.5% v/v) se agregó 50 ml del extracto etanólico previamente concentrado. El extracto contiene aproximadamente 1 g de materia rica en polifenoles, el cual conforma el componente bioactivo en este recubrimiento. De igual manera, la solución final contiene 500 ml de recubrimiento líquido.

Tabla 3

Variables de análisis

Tratamiento y/o variable	Concentración del extracto concentrado rico en polifenoles	Composición de: goma arábica y plastificante
T1	0 g/L	Goma arábica: 10%p/v Glicerol: 1.5% p/v
T2	1.00 g/L	Goma arábica: 10%p/v Glicerol: 1.5% p/v
Grupo de control (GC)	0 g/L	Agua potable

2.2.4 Aplicación del recubrimiento.

La aplicación de los recubrimientos se llevó a cabo mediante inmersión completa de los tomates en el seno de las soluciones. Los tomates del grupo de control, únicamente fueron lavados con agua abundante y secados al ambiente; mientras que, en los grupos T1 y T2, los tomates permanecieron sumergidos durante 2 minutos. Después de ello, los ejemplares

fueron colocados en una parrilla para eliminar el exceso de recubrimiento y garantizar el secado completo y la formación de una película delgada alrededor de la superficie de los tomates. Los tomates se dejaron secar a temperatura ambiente durante 15 minutos para luego ser almacenados.

2.2.5 Almacenamiento.

Los tomates fueron almacenados en bandejas de aluminio de (20*30) cm, divididos en 3 columnas y con etiquetas que indiquen el tipo de tratamiento, GC, T1, y T2. En cada bandeja, se almacenaron 15 ejemplares, las mediciones se realizaron en intervalos de 3 días a lo largo de los 21 días. Las bandejas se almacenaron en un estante en el laboratorio de alimentos del departamento de Biociencias, en el Campus Balzay a temperatura ambiente (22°C).

En la tabla 4, se explica el arreglo de los 120 tomates distribuidos por los correspondientes días de medición.

Tabla 4

Cantidad (unidades) de tomates utilizados para los análisis.

Pruebas de Calidad	Días de Análisis								Total
	0	3	6	9	12	15	18	21	
	N								
Pérdida de peso	15	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	15
Firmeza/Sólidos solubles									
totales/pH/ Acidez									
titulable	15	15	15	15	15	15	15	0	105
Total	30	15	15	15	15	15	15	0	120

Nota. Los análisis de firmeza, solidos solubles totales, pH y acidez titulable se realizaron en la misma muestra en cada día. ^a Se realizo el análisis en la misma muestra del día 1 (22 °C). N es el número de muestras.

2.2.8 Análisis físico químico de las muestras del T1, T2 y Grupo de Control.

En el siguiente apartado se describe la metodología a detalle, acerca de la ejecución de los 6 ensayos de calidad, ejecutados en tomates frescos.

a) Pérdida de peso.

El porcentaje de pérdida de peso en los tomates a lo largo del tiempo, consistió en pesar a los tomates en intervalos de 3 días, durante 21 días. Los pesos se registraron sobre un mismo grupo de tomates, es decir, se escogieron 5 tomates por tratamiento (GC, T1, T2) y se observó el descenso de peso desde el día 0 hasta el 21, sobre los mismos ejemplares. La cantidad de tomates que se utilizaron se muestran en la Tabla 8. Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso, de acuerdo a la Ec.1 (Le et al., 2021).

$$\text{Porcentaje de pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100\% \quad (\text{Ec.1})$$

Ejemplo> Día 21- Tratamiento 2

$$\% \text{ Perdida de peso} = \frac{86.28g - 7g}{86.28} * 100$$

$$\% \text{ Perdida de peso} = 14.23 \%$$

Firmeza.

Para cada tratamiento (GC, T1 y T2) se tomaron 3 ejemplares al azar de la bandeja correspondiente al día de medición, y se coloca al texturómetro marca “Wagner Instrumental” y se orienta de manera vertical con el tomate, tratando que el pistón del instrumento forme un ángulo de 90 grados con la superficie del ejemplar; se presiona el texturómetro hasta que el pistón se introduzca totalmente en el interior del tomate, y se pueda visualizar el valor de la firmeza expresado en gramos fuerza (Etemadipoor et al., 2020).

b) Sólidos Solubles Totales (SST)

De cada grupo, se toma un ejemplar de tomate y se extrae dos gotas de pulpa, y se coloca sobre el prisma del refractómetro digital marca: “Atago”, modelo: “Master Refractometer Automatic and Water Resistant”. Los resultados se expresan en g/100 g, de acuerdo a la norma: NTE INEN ISO 2173.

c) Potencial de Hidrógeno (pH)

Para la determinación del pH se preparó una disolución 10% (p/v) de pulpa de tomate en agua destilada. De acuerdo a la NTE INEN-ISO 1842:2013, el valor del pH se observó en un potenciómetro (Metter Toledo) directamente previamente calibrado, y las mediciones se realizaron por triplicado.

d) Acidez titulable (AT)

La medición de la acidez titulable (AT) se la realizó con el potenciómetro Metter Toledo, mediante el método potenciométrico en la norma INEN-ISO-750:2013, mediante titulación con NaOH 0.1 N hasta alcanzar el valor de pH de 8,1. El porcentaje de acidez titulable se determinó como ácido cítrico presente en los tomates como se observa en la Ec. 2. Este análisis fue realizado en intervalos de 3 días durante 21 días. Las mediciones se realizaron por triplicado.

$$\%AT = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} * k * meq}{V_{muestra}} * 100 \quad (Ec.2)$$

Donde:

V_{NaOH} = Volumen de NaOH usado en la titulación (ml)

N_{NaOH} = Normalidad de NaOH

meq = miliequivalente del ácido cítrico

$V_{muestra}$ = Volumen de la muestra (ml)

k = constante de normalidad

Ejemplo: Día 21-Tratamiento 2.

$$\%AT = \frac{6.7 \text{ ml} * 0.1N * 1 * 0.064 \text{ meq}}{10 \text{ ml}} * 100$$

$$\%AT = 0.4288$$

e) Índice de madurez. - El porcentaje del Índice de madurez, se obtiene al dividir el contenido total de sólidos solubles entre el valor de la acidez titulable (Pinzón et al., 2007).

$$\%IM = \frac{\text{Sólidos Solubles Totales}}{\text{Acidez Titulable}}$$

Ejemplo Día 21-Tratamiento 2.

$$\%IM = \frac{5.75}{0.4128}$$

$$\%IM = 13.92$$

2.2.6 Diseño experimental

La variable de interés en el presente estudio fue referente al tipo de tratamiento aplicado en las muestras; los cuales consistieron en los dos recubrimientos formulados a base de gomas naturales. El primer tratamiento (T1) consiste en un recubrimiento compuesto por: goma arábica y glicerol, mientras que el tratamiento T2 está conformado por: goma arábica, glicerol y el extracto concentrado en polifenoles. En la tabla 5 se describen las formulaciones propuestas.

2.2.7 Análisis estadístico

Todas las mediciones correspondientes a los 6 ensayos de calidad (pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales, pH, acidez titulable e índice de madurez) realizados durante los 21 días de prueba, fueron procesados por el software IBM SPSS, con el fin de elaborar un análisis de varianzas (ANOVA) entre dichos resultados y evaluar la correlación estadística entre la variable independiente (tipo de recubrimiento) y las variables de salida (ensayos de calidad); este programa ofrece una probabilidad de confianza del 95% (p menor a 0.05). Posteriormente se ejecutó un análisis complementario con el objeto de comparar las medias observadas en los tratamientos, con las medias del grupo de control; e identificar el mejor tratamiento, mediante un análisis de diferencias significativas honestas de Tukey.

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultado y Discusión Parte I: Determinación de polifenoles totales

En el siguiente apartado se describen los resultados obtenidos una vez finalizado el proceso de extracción y determinación de polifenoles en las cáscaras de naranja valencia, piña MD2, y el banano Cavendish. La cantidad de polifenoles presentes en las pieles de los residuos agroindustriales, se expresan en equivalentes de mg de ácido gálico, por gramo de materia seca utilizado en la cuantificación total.

3.1.1 Contenido de Polifenoles totales en los residuos agro industriales de Naranja en otros estudios

Los residuos procedentes de la naranja, corresponde cerca del 50% y 60% del fruto fresco, el cual se conforma de: cáscaras, semillas y membranas. En la Tabla 6 se exponen los resultados de otros estudios realizados en residuos de naranja, en diferentes condiciones de extracción (Bansod et al., 2023) (Palacios Cabrera et al., 2019).

Tabla 5

Rendimientos de extracción de polifenoles en residuos de naranja con otros estudios.

Fruto y/o residuo (materia prima)	Condiciones de extracción (Metodología)	Resultados (Contenido total de polifenoles)	Bibliografía
Cáscara de naranja <i>Citrus sinensis</i>	Maceración: Solvente: etanol al 96 % v/v. Relación sólida/ solvente: 20 a 1. Temperatura: 60 °C durante 2 horas, con agitación.	6.242 mg/10 g materia seca 4.244 mg/10 g materia seca	(Liu et al., 2021)
Cáscara de <i>Citrus sinensis</i> Valenciana común	Maceración: Solvente: etanol al 70%. Materia prima: cáscara de naranja liofilizada. Temperatura: 40 °C durante 24 horas, con agitación constante.	44.52 mg GAE/g de materia seca	(Rashid et al., 2022)

Cáscara de <i>Citrus sinensis</i> <i>Valenciana común</i>	Soxhlet:	Soxhlet	(Barrales et al., 2018)
	Materia prima: 5 g.	5.5 mg GAE/g de	
	Solvente: etanol	materia seca.	
	96%.		
	Tiempo: 6 horas	EUA	
	Solvente: etanol	5.8 mg GAE/g de	
	96% v/v.	materia seca.	
	EAU		
	Solvente: Etanol al		
	50 % v/v.		
	Materia prima: 2 g		
	Volumen solvente:		
	113 ml.		
	Tiempo del baño		
	ultrasónico: 15		
	minutos a 30 °C.		

Nota. (GAE) gramos de Ácido Gálico, (EAU) Extracción Asistida por Ultrasonido

En los 3 estudios expuestos en la Tabla 5, se utilizó cáscara de naranja de la especie *Citrus sinensis* (*Valenciana común*), como materia prima principal para la obtención y determinación de polifenoles totales; en todos los casos la piel de naranja fue sometida a un proceso de secado y reducción de tamaño. El tiempo de extracción varió según la técnica utilizada, y es un factor determinante, en cuanto a la obtención de polifenoles; los rendimientos se expresan en función de gramos de ácido gálico por gramo de materia seca utilizada en el proceso. Además, dichos rendimientos son proporcionales con el tiempo de extracción, relación sólida/solvente, temperatura y la energía cinética utilizada en la inducción de ambas fases (sólido/solvente).

3.1.2 Resultados del Total de Polifenoles en cáscaras de naranja.

Los resultados obtenidos en el presente proyecto, superan formidablemente a los valores recopilados en bibliografía. Obteniéndose un valor promedio de 57 mg de Ácido Gálico por gramo de materia seca, medidas en seis muestras por cada lote.

En comparación con el resultado de 44.52 mg de GAE por gramo de materia seca, mencionado en el estudio de Rashid y colaboradores (2022) el cual corresponde al resultado más alto hallado en la literatura.

Tabla 6

Resultados de Contenido Total de Polifenoles obtenidos en la cáscara de naranja.

Naranja	Promedio de Absorbancias	Concentración en el pocillo	Concentración en el extracto original	Miligramo de ácido gálico por gramo de materia seca
Lote 1	0.459	0.0864	3.802	57.04
Lote 2	0.458	0.0861	3.789	58.02

Nota. Pocillo: Es el volumen de las celdas, correspondiente a la micro placa utilizado en la medición de la absorbancia, en muestras previamente diluidas.

3.1.3 Contenido de polifenoles totales en los residuos agro industriales de piña en otros estudios

Los residuos generados por el procesamiento de la piña, son millones de toneladas al año; dichas cantidades se pueden estimar de acuerdo a la producción mundial de piña, siendo India el mayor productor con 1.77 millones de toneladas anualmente. De manera similar a la naranja, los desechos de la piña conforman en 50% en peso del fruto fresco (Bansod et al., 2023) y son fuentes ricas en metabolitos secundarios, haciendo viable el aprovechamiento de este sub recurso para la extracción y recuperación de bioactivos, como los polifenoles (Jatav et al., 2023). Los extractos de cáscara de piña se pueden utilizar en la formulación de recubrimientos comestibles formadores de película, capaces de extender la vida de anaquel de otras frutas.

A continuación, se recopilaron diferentes rendimientos referidos al contenido total de polifenoles, expresados en gramos equivalentes de ácido gálico por gramo de materia seca.

Tabla 7

Polifenoles presentes en piña de bibliografía.

Fruto y/o residuo (materia prima)	Condiciones de extracción (Metodología)	Resultados (Contenido total de polifenoles)	Bibliografía
Cáscara de piña residuos agro industrial	Soxhlet. Solvente: etanol al 96% v/v. Materia prima seca: 24 g Tiempo: 12 horas.	1.05 mg de GAE/ mg de extracto seco.	(Juliana et al., 2021)
Cáscara de piña (<i>Annas comosus L var queen</i>)	Maceración. Materia prima: 50 g volumen solvente: 250 ml. Solvente: etanol 96 % v/v. Tiempo: 10 horas. Agitación: 180 rpm. Temperatura ambiental.	1.31 mg GAE/ g de materia seca	(Choi et al., 2017)
	MAE. Solvente: Etanol al 50% v/v. Potencia: 750 W Tiempo: 20 minutos Temperatura: 60 °C Relación. sólida/solvente: 1:50	200.63 mg GAE/ g de materia seca	(Alias & Abbas, 2017)

Nota. (MAE) Extracción Asistida por Microondas.

En la Tabla 7 se compara el rendimiento de 3 técnicas diferentes, en cuanto a su capacidad de generar extractos ricos en polifenoles. La extracción asistida por microondas, corresponde al método más eficiente y ecológico; debido al tiempo reducido necesario para la extracción, el uso de solventes no tóxicos, y el menor coste de energía requerido para la misma; pese a ello, a día de hoy, no se ha logrado escalar esta tecnología, ya que se necesita un estudio amplio que indague los efectos de estas y otras técnicas verdes sobre los bioactivos extraíbles; además de considerar el diseño de nuevos equipos y desarrollo de nuevos

procesos óptimos y rentables que hagan viable su uso comercial (Motikar et al., 2020). Otro punto a resaltar, es la relación directa entre la interacción de la fase sólida (materia prima seca y granulada) y el solvente, sobre el rendimiento esperado en el extracto final. Es decir, se obtendrán mejores resultados, en los casos en el que el solvente interactúa en mayor medida con la materia prima sólida, esto provoca que el equilibrio químico entre ambas fases se alcance más rápido, permitiendo que la fase líquida se sature con los componentes afines a la misma, traduciéndose en un mayor rendimiento. La maceración convencional carece de este tipo de interacción, pero es compensada por el extendido tiempo implementado en el proceso.

3.1.4 Resultados del contenido total de polifenoles en cáscaras de piña.

Los resultados obtenidos mediante una maceración convencional de 96 horas y agitación constante de 180 rpm, a temperatura ambiente; permitió resaltar formidablemente a los rendimientos recopilados en bibliografía, superado únicamente por la extracción asistida por microondas (MAE), en el cual el autor de aquel estudio, sostuvo un rendimiento de 200 mg GAE/ g ms. Concluyendo a rasgos generales la ventaja de la maceración como técnica verde y de bajo costo, fácilmente escalable.

Tabla 8

Resultados de Contenido total de polifenoles en cáscaras de piña.

Piña	Promedio de Absorbancias	Concentración en el pocillo	Concentración en el extracto original	Miligramo de ácido gálico por gramo de materia seca
Lote 1	0.408	0.0745	3.281	49.22
Lote 2	0.413	0.0756	3.328	49.93

Nota. Pocillo: Es el volumen de las celdas, correspondiente a la micro placa utilizado en la medición de la absorbancia, en muestras previamente diluidas.

3.1.5 Resultados de contenido de polifenoles en guineo en otros estudios.

En la Tabla 9, se observan estudios realizados previamente en cáscaras de guineo de la variedad *Musa Cavendish* y *Musa Paradisiaca*, en donde se obtuvieron resultados semejantes entre sí con valores entre 14-15 mg GAE/ g materia seca, pero en condiciones muy diferentes, tanto como el tipo de solvente que se usó y la temperatura aplicada.

Tabla 9

Polifenoles en guineo de bibliografía.

Estudio	Condiciones	Resultados	Referencia
Evaluación de la actividad antioxidante de polifenoles encapsulados obtenidos a partir de la cáscara de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)	Solvente: etanol al 70% Relación sólida /solvente 1:20 Temperatura: 60 °C durante 30 minutos	14.1±2.31 mg GAE/g materia seca	(Montoya, 2024)
Evaluación de Alternativas de Aprovechamiento Energético y Bioactivo de la cáscara de plátano	Solvente: metanol al 80% Relación sólida /solvente: 1/100	15.4 ± 0.80 mg GAE/g materia seca	(Rojas et al., 2019)

Nota. GAE: gramos de ácido gálico.

En la Tabla 10, se muestran los resultados obtenidos en la determinación de polifenoles en la cáscara de guineo de la variedad *Musa Cavendish*. Al comparar los resultados obtenidos, con lo reportado por otros autores, se observó, que al seguir la metodología descrita por Safdar y colaboradores (2017), podemos obtener un rendimiento mucho mayor a lo descrito en los estudios (33%), (15% aproximadamente). Esto puede deberse a que, en este caso en los estudios realizados por los autores mencionados anteriormente, el tiempo de maceración es de alrededor de 30 minutos, mientras que en este caso se realizó la maceración por 4 días en agitación constante, además de que se utilizó el etanol como solvente y una relación sólida/solvente de 1:1

Tabla 10

Resultados de Contenido total de polifenoles obtenidos en la cáscara de guineo.

Guineo	Promedio de Absorbancias	Concentración en el pocillo	Concentración en el extracto original	Miligramo de ácido gálico por gramo de materia seca
Lote 1	0.306	0.0509	2.243	33.65
Lote 2	0.306	0.0511	2.249	33.74

Nota. Pocillo: Es el volumen de las celdas, correspondiente a la micro placa utilizado en la medición de la absorbancia, en muestras previamente diluidas.

Evidentemente al comparar las Tablas 6, 8 y 10 el residuo con mayor cantidad de polifenoles, corresponde a la cáscara de naranja de la variedad *Valencia*, con un valor promedio de 58 mg GAE/ g de materia seca, mientras que las cáscaras de piña y guineo, tienen valores de 49 y 33 mg GAE/g materia seca, respectivamente. Las plantas del género *Citrus*, en la actualidad están recibiendo mucha atención debido a las propiedades que poseen y además de que son una fuente de muchos compuestos bioactivos como la fibra, vitaminas, carotenoides y compuestos fenólicos en comparación con el guineo y la piña, que como se evidencio, si contienen polifenoles sin embargo en menor cantidad (Ordoñez-Gómez et al., 2018).

Actualmente, se han identificado más de 8000 tipos de polifenoles, siendo los flavonoides uno de los principales grupos correspondiendo al 60% del total de polifenoles, este a su vez, se divide en seis clases principales, como son los flavanoles, las flavonas, las flavononas, isoflavonas y antocianidinas, la mayoría de estos siendo encontrados en los residuos de la naranja, como son sus cáscaras y semillas. Es por esto que la naranja al contener el principal grupo de polifenoles como son los flavonoides, además de ácidos fenólicos entre otros presentan el valor más alto en comparación con el guineo y la piña (Quiñones et al., 2012).

Por otro lado, los polifenoles desempeñan diferentes funciones en la fisiología de las plantas y además tienen potenciales propiedades saludables como anticancerígenos, antimicrobianos y además de la capacidad de evitar la oxidación o reducirla (Castro-Vázquez et al., 2016).

La incorporación de moléculas bioactivas como polifenoles a la formulación de las películas o recubrimientos es una alternativa que ayudará a prolongar la calidad y la vida útil de las frutas, hortalizas y verduras en donde sea aplicado. Además, se puede corroborar en estudios en donde se ha observado diferentes recubrimientos en los que se utiliza los polifenoles en su formulación, como en el estudio realizado por Cruz y colaboradores (2015) en donde la

incorporación de polifenoles y goma arábica, como los compuestos con mayor cantidad en la formulación, no sólo ayudó a reducir el pardeamiento de las peras, sino que retrasó su deterioro, además redujo los cambios en el pH, pérdida de peso y firmeza de la fruta durante 4 semanas.

Cabe recalcar que a nivel nacional no se han encontrado estudios en donde se incorporen extractos de polifenoles procedentes de residuos agroalimentarios en la formulación de recubrimientos.

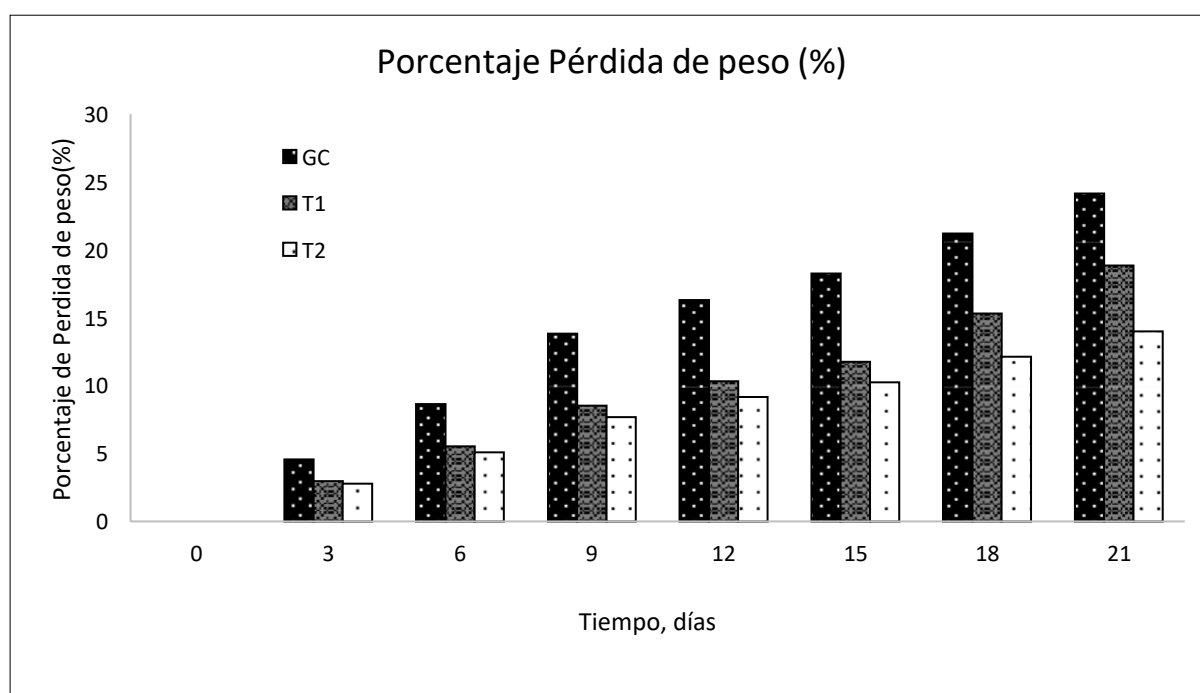
3.2 Parte II: Resultados y discusión

3.2.1 Pérdida de Peso.

En la Figura 11 se observa como la pérdida de peso en los tres grupos se mantiene constante hasta el día 9, entre el tratamiento 1 y tratamiento 2, existe prácticamente el mismo porcentaje de pérdida de peso. Sin embargo, a partir del día 12 de análisis, la diferencia de peso perdido entre dichos tratamientos va aumentando hasta el día 21, en donde se puede observar que la diferencia es de aproximadamente 5%, con un valor de 14% de pérdida de peso para el tratamiento 2 y del 18.88% para el tratamiento 1, por su parte el grupo de control, alcanza un valor máximo de 24,15%. Es decir, los tomates recubiertos con el tratamiento 2 pierden un 10% menos de peso en el lapso de 21 días menos que el grupo de control.

Figura 11

Porcentaje de pérdida de peso en tomates con y sin recubrimiento durante 21 días de almacenamiento a temperatura ambiente



Nota. Grupo de Control (GC), Recubrimiento tratamiento 1(T1), Recubrimiento tratamiento 2 (T2)

3.2.1.2 Resultados ANOVA de pérdida de peso.

En la Tabla 11 se observa que tanto la variable tiempo y tipo de tratamiento influyen en el porcentaje de pérdida de peso de los tomates a lo largo del tratamiento. Se comprobó mediante ANOVA, que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el grupo de control y los tratamientos 1 y 2, dando a entender que el porcentaje de pérdida de peso, además de

depender del tiempo, como es algo evidente, también depende del tipo de tratamiento que se le aplicó.

Tabla 11

Prueba Inter sujetos para porcentaje de pérdida de peso.

Variables	F	Sig.
Tiempo	61.130	< 0.001
Tratamiento	34.578	< 0.001
Tiempo*Tratamiento	1.752	0.076

Nota. Parámetro Estadístico (F)

3.2.1.3 Resultados post ANOVA (Tukey).

Como se observa en la Tabla 12, los resultados de porcentaje de pérdida de peso, mediante el análisis de Tukey se han dividido en dos subconjuntos. El porcentaje de pérdida de peso aumentó con el pasar del tiempo independientemente del tratamiento que se haya aplicado. Se observó que el tratamiento 1 y 2, tienen valores menores en comparación con el grupo de control, pero sin embargo no presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) entre sí, lo contrario que pasa con el grupo de control, es decir, los dos tratamientos si presentan una diferencia significativa con respecto al grupo de control. En base a las medias resultantes, el tratamiento 2 mostró el valor más bajo de porcentaje de pérdida de peso (7,64%) a lo largo de los 21 días de análisis.

Tabla 12

Prueba de Tukey para el porcentaje de pérdida de peso durante los 21 días de almacenamiento.

Pérdida de peso (%)		
HSD Tukey		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1 2
Tratamiento 2	24	7.641
Tratamiento 1	24	9.160
Grupo de Control	24	13.374

Nota. N es el número de muestras

El tratamiento 2 al tener un 10 % (p/v) de goma arábica en su formulación además de estar complementado por el extracto de polifenoles obtenido de las cáscaras de naranja, reduce la

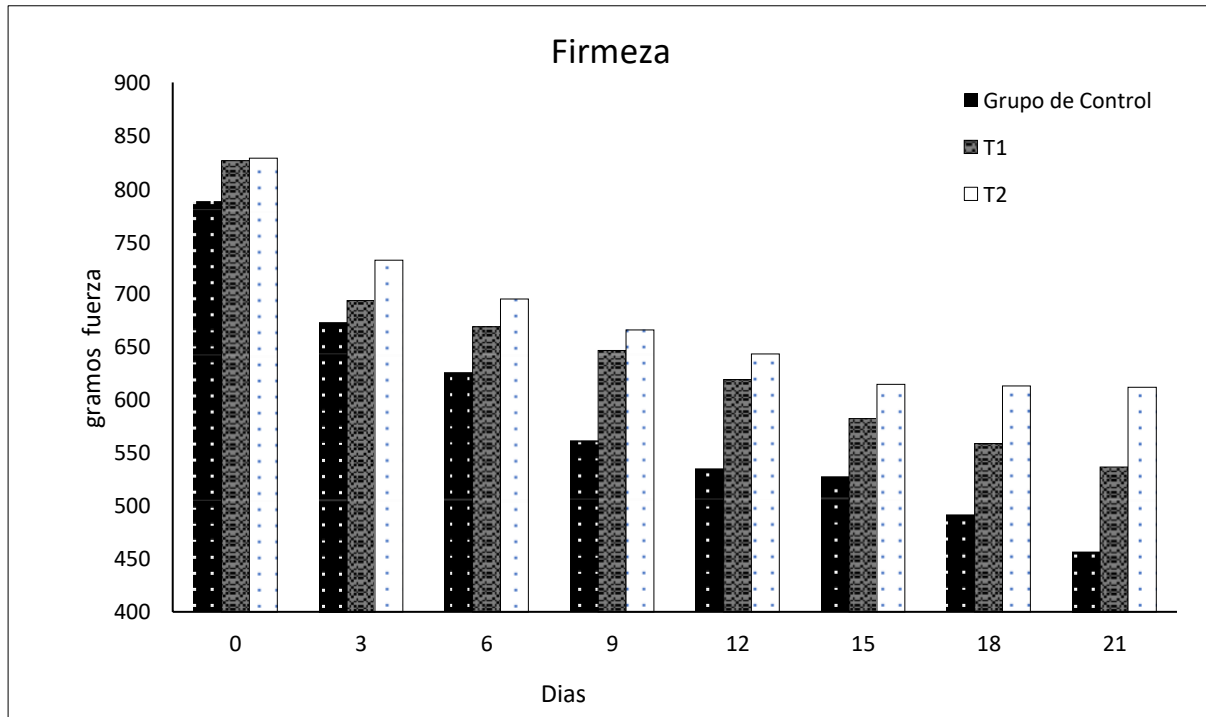
pérdida de peso, uno de los trastornos fisiológicos que se dan con más frecuencia en las frutas y verduras. Los recubrimientos a base de polisacáridos como es el caso de la goma arábica, protegen contra la humedad y contra los gases, esto a su vez, ralentizando los procesos de respiración y desecación (Khaliq et al., 2015). Además, cabe mencionar que, al colocar el extracto concentrado de polifenoles, se evidencio mejor adherencia del recubrimiento en la superficie de los tomates, en comparación con el tratamiento 1, esto también influyó en que el tratamiento 2 haya ayudado a que la pérdida de peso sea menor.

El estudio realizado por Ali y colaboradores (2010) muestra resultados similares en tomates recubiertos con goma arábica 10% (p/v), en donde estos tuvieron menos pérdida de peso durante el almacenamiento en comparación con el control, y de igual manera se da un aumento de pérdida de peso de manera gradual. Esta reducción en la pérdida de peso se puede deber probablemente a los efectos que tiene el recubrimiento ya que actúa como una barrera semipermeable contra el CO₂, la humedad y el O₂, reduciendo de esta manera la respiración y a su vez la pérdida de agua.

3.2.2 Firmeza

A breves rasgos los ejemplares de tomates recubiertos con T2, mostraron una resistencia a la pérdida de la firmeza en comparación con los otros dos grupos medidos. Es decir, se observaron diferencias notables entre los tratamientos: T1 y T2, con respecto al grupo de control; siendo este último, el grupo con un mayor descenso en la firmeza, disminuyendo su valor inicial hasta en un 42%. Los otros dos tratamientos favorecen a que la firmeza en los tomates se mantenga en el tiempo, sin embargo, el tratamiento 2 (T2) expone una tendencia relativamente mejor, en comparación con el tratamiento 1 (T1), es decir, en promedio los tomates sometidos con T2, registraron un descenso en la firmeza de aproximadamente un 26%, mientras que la contraparte T1, presenta un valor del 32%.

Figura 12
Gráfico Fuerza vs Tiempo



Nota. Grupo de Control (GC), Recubrimiento tratamiento 1(T1), Recubrimiento tratamiento 2 (T2)

3.2.2.2 Resultados ANOVA de firmeza.

El efecto de las variables independientes tiempo y tipo de tratamiento, influyen directamente sobre la firmeza de los tomates. Se comprobó mediante ANOVA, una diferencia estadística significativa (p menor a 0.05) entre el grupo de control y los dos tratamientos, indicando que la firmeza de los tomates si depende fuertemente del tipo de tratamiento aplicado, así como también del tiempo, como cabría esperar naturalmente. Sin embargo, un análisis post ANOVA es útil, para comparar los resultados de los grupos observados.

Tabla 13

Prueba de efectos Inter sujetos ANOVA para firmeza.

Variables	F	Sig.
Tratamiento	37.386	Menor a 0.01
Tiempo	48.248	Menor a 0.01
Tiempo*Tratamiento	0.874	0.590

Nota. Parámetro Estadístico (F)

3.2.2.3 Resultados post ANOVA (Tukey) para firmeza. –

En el análisis post ANOVA se determinó diferencias significativas entre las medias de los 2 tratamientos, y el grupo de control; favoreciendo a los tratamientos 1 y 2. No obstante, se puede concluir estadísticamente que el subconjunto 3 (T2) resultó ser el mejor tratamiento, al inhibir notablemente el descenso de la firmeza en los tomates riñón, durante los 21 días de almacenamiento. Evidentemente el uso del extracto rico en polifenoles, en la formulación del recubrimiento repercute positivamente al mantenimiento de esta propiedad organoléptica. Estos resultados son compatibles con el estudio de Das y colaboradores (2022) en donde se concluyó una disminución lineal en la firmeza de tomates, gracias a una formulación a base de CMC y aceite esencial de orégano; de manera similar en el artículo de Kumar & Saini (2021) se menciona la capacidad de la goma arábiga en mantener la textura en ejemplares de guayaba. En el mismo estudio se atribuye a la pérdida de masa y humedad como los principales causantes en la reducción de la firmeza en tomates, así como también, la actividad enzimática (hidrolasa y pectinasa) que aceleran la degradación de la estructura en la pared celular. En este sentido, los tratamientos T1 y T2 retrasarían la actividad enzimática y la tasa de respiración y transpiración ligadas a la degradación en la pared celular y/o firmeza.

Tabla 14

Prueba de Tukey para firmeza durante los 21 días de almacenamiento.

Firmeza				
HSD Tukey				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
Grupo Control	28	591.546		
Tratamiento 1	24	641.358		
Tratamiento 2	27	679.292		

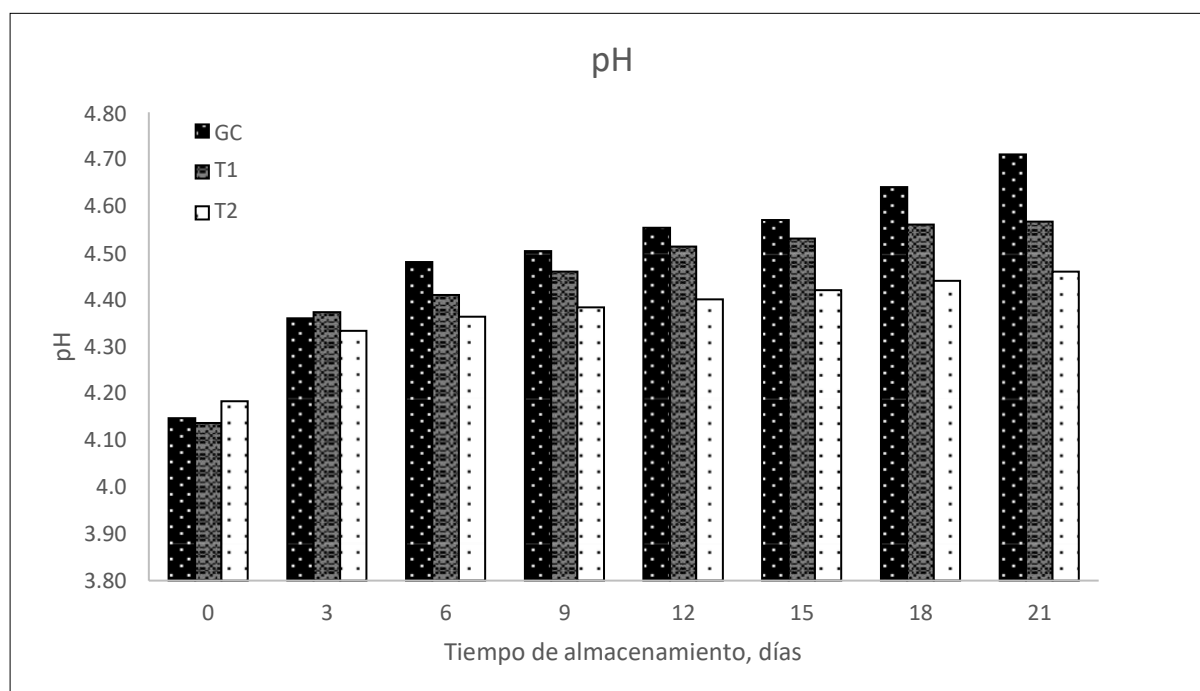
Nota. N es el número de muestras

3.2.3 Potencial de Hidrógeno (pH).

En la Figura 13, se muestra que tanto el grupo de control, como los tratamientos 1 y 2, tienen una tendencia ascendente, sin embargo, en el grupo de control en los últimos tres días de análisis, existe un alza significativa con respecto al tratamiento 1 y 2, mientras que estos últimos siguen una tendencia lineal en el tramo final del análisis. En este caso el pH al concluir con los 21 días de análisis, obtuvo valores de 4.71, 4.56 y 4.46, para el grupo de control, tratamiento 2 y tratamiento 1, respectivamente.

Figura 13

Potencial de Hidrogeno en tomates con recubrimiento y control durante los 21 días de almacenamiento y análisis a temperatura ambiente.



Nota. Grupo de Control (GC), Recubrimiento tratamiento 1(T1), Recubrimiento tratamiento 2 (T2)

3.2.3.2 Resultado ANOVA de pH.

En la tabla 15 se observa que tanto la variable tiempo y tipo de tratamiento influyen en el valor de pH de los tomates a lo largo del tratamiento. Se comprobó mediante ANOVA, que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) del tratamiento 2 con respecto al tratamiento 1 y al grupo de control, dando a entender que el pH, además de depender del tiempo, como es algo evidente, también depende del tipo de tratamiento que se le aplicó.

Tabla 15

Prueba Inter sujetos ANOVA para pH.

Variables	F	Sig.
Tiempo	27.954	< 0.001
Tratamiento	15.658	< 0.001
Tiempo*Tratamiento	1.192	0.312

Nota. Parámetro Estadístico (F)

3.2.3.3 Resultados post ANOVA (Tukey).

Como se observa en la Tabla 16, existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$), es por esto que se ha dividido en dos subconjuntos. En el subconjunto 1, se encuentra el tratamiento dos con un valor de pH de 4.37, teniendo diferencia significativa con respecto al tratamiento 1 y el grupo de control, mientras que en el subconjunto 2 para el tratamiento 1 y grupo de control, no existe una diferencia significativa entre ambos, con valores de pH de 4.44 y 4.49 respectivamente.

Tabla 16

Prueba de Tukey para pH durante los 21 días de almacenamiento.

pH			
HSD Tukey			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Tratamiento 2	24	4.3729	
Tratamiento 1	24		4.4436
Grupo de Control	24		4.4954

Nota. N es el número de muestras

Como se mencionó anteriormente, el tratamiento 2 al tener en su formulación a la goma arábica permite la formación de una barrera semipermeable, que retrasa la disminución de la tasa de respiración de los tomates, esto a su vez, conlleva a una disminución de la producción de etileno, estos dos parámetros son indicadores de la actividad metabólica de las frutas o verduras y además nos dan una señal de su vida útil (Khaliq et al., 2015).

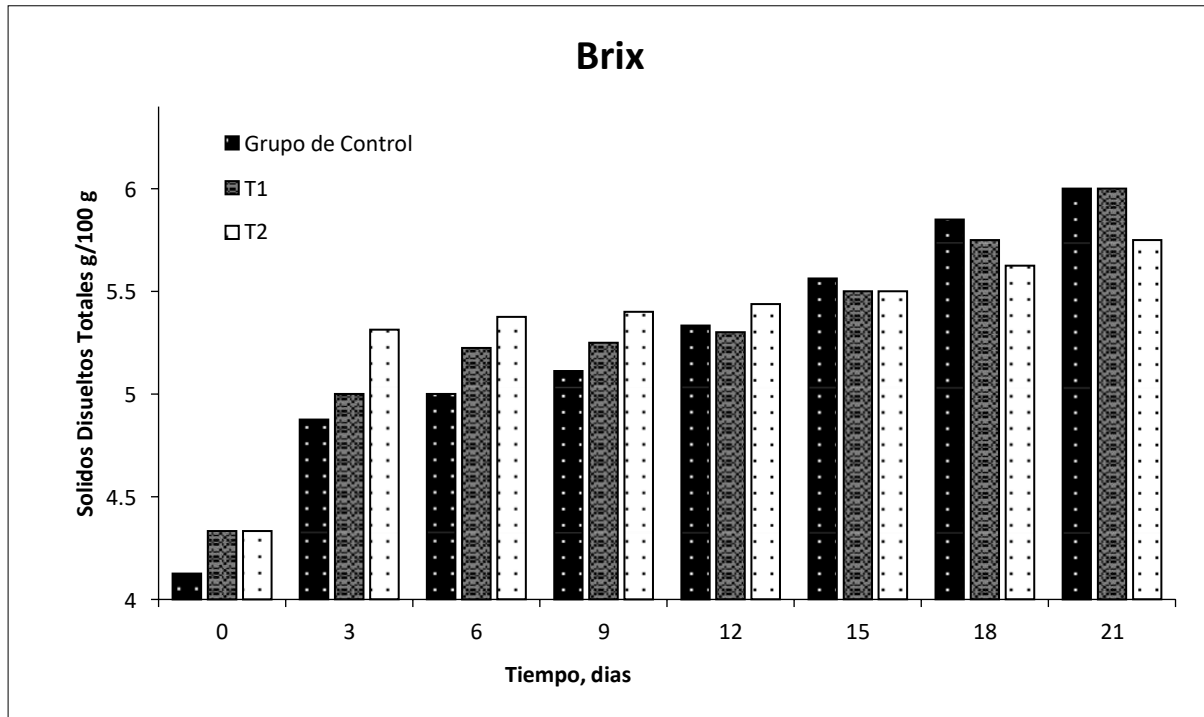
El etileno juega un papel importante en la maduración de los frutos climáticos, como es el caso del tomate, ya que esta aumenta con la maduración. Como se conoce, la mayoría de las frutas son ácidas, aunque en diferentes concentraciones. De igual manera el contenido de ácidos, usualmente tiende a disminuir durante la maduración, esta disminución se debe a que estos ácidos se utilizan durante la respiración de la fruta o verdura y además a la

conversión que se da de azúcares (Sahraei Khosh Gardesh et al., 2016). Debido a esto se pudo evidenciar que el tratamiento 2, mantuvo un valor más estable de pH a lo largo del tiempo de análisis, ya que al formarse la barrera la tasa de respiración disminuye y con ello también disminuye la utilización de los ácidos para dicho proceso.

3.2.4 Sólidos Disueltos Totales (SST).

El incremento paulatino de los SST en ejemplares de tomates es una tendencia natural ocasionada por la conversión del almidón en azúcares, este fenómeno es un buen indicador de maduración en frutas y vegetales. (Das et al., 2022) En los 3 casos, el cambio en la cantidad de sólidos solubles totales (SST) en el tiempo, sigue una tendencia lineal con un incremento progresivo, según se expone en la Figura 14. Además, tanto los tomates recubiertos con T1 y el grupo de control finalizaron con la misma cantidad de SST, mientras que el grupo de T2, expone resultados con una tendencia lineal más uniforme y predecible, finalizando con un valor de 5.75 g/100 g, en comparación con el valor de 6 g/100 g de los grupos T1 y grupo de control. A breves rasgos, es posible establecer una ligera ventaja del grupo T2, por sobre T1 y el grupo de control, debido a la poca diferencia presentes en las tendencias de aquellos grupos, según se puede observar en la Figura 19. Sin embargo, al igual que el caso anterior, los resultados se concluyeron con un análisis ANOVA.

Figura 14
Sólidos Solubles Totales vs Tiempo



Nota. Grupo de Control (GC), Recubrimiento tratamiento 1(T1), Recubrimiento tratamiento 2 (T2)

3.2.4.2 Resultados ANOVA de SST.

El tiempo es una variable con un efecto directo sobre el contenido de sólidos solubles totales en las muestras de tomates. A pesar de la tendencia observada en la Figura 14, estadísticamente el tipo de recubrimiento aplicado sobre los diferentes grupos no afecta de ninguna manera al incremento natural de SST durante los 21 días de medición. Esto se concluye, de acuerdo a los resultados generados por el software IMB SPSS; en donde el estudio ANOVA permite concluir estadísticamente la no correlación entre el tipo de tratamiento y contenido de azúcares disueltos en los 2 tratamientos (T1 y T2).

Tabla 17

Prueba Inter sujetos ANOVA para SST.

Variables	F	Sig.
Tiempo	2.274	0.044
Tratamiento	0.072	0.93
Tiempo*Tratamiento	0.059	1.00

3.2.4.3 Resultados post ANOVA de Sólidos Solubles Totales.

En la comparación entre las medias de los 3 grupos, el estudio de diferencia significativa honesta de Tukey no mostró ninguna diferencia significativa entre sí (Tabla 18). Es decir, tanto el grupo de control y los dos tratamientos (T1 y T2) ofrecen resultados similares, corroborando la no correlación entre el tipo de recubrimiento aplicado y la variable dependiente (azúcares disueltos). Por tanto, la adición del extracto rico en polifenoles no representa ninguna diferencia en cuanto a prever el aumento de los sólidos solubles en las muestras de tomates. Este resultado es congruente con el estudio de: (Rather et al., 2022), en donde se formuló un recubrimiento a base de gelatina y almidón de loto y se concluyó una nula diferencia significativa entre el grupo de control y los tomates Cherry recubiertos con los diferentes tratamientos. Aunque estadísticamente no exista diferencia, si se observó una tendencia favorable a los recubrimientos tratados en aquel estudio.

Tabla 18

Prueba de Tukey para SST durante los 21 días de almacenamiento.

Sólidos solubles totales		
HSD Tukey		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1
Grupo de Control	24	5.2323
Tratamiento 1	24	5.2948
Tratamiento 2	24	5.3417

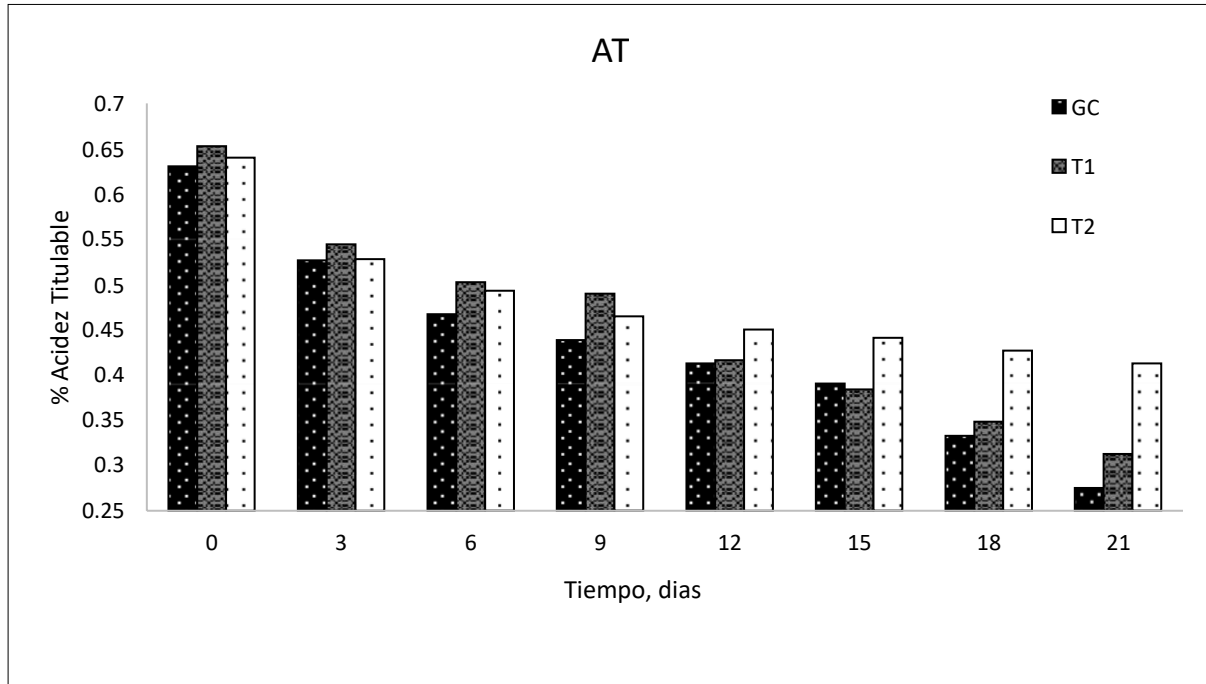
Nota. N es el número de muestras

3.2.5 Acidez Titulable (AT)

En la Figura 15, podemos observar que los tomates empiezan en el día 0 con valores muy similares de AT, mientras que en los próximos días de análisis los tomates como en el caso del grupo de control y tratamiento 2, presentan una tendencia clara, sin embargo, al final en el día 21, se puede ver que el tratamiento 2, la AT permaneció de manera más estable, mientras que en el caso del grupo de control y del tratamiento 1, obtuvieron los valores más bajos de 0.28 y 0.30, respectivamente.

Figura 15

Acidez titulable en tomates con recubrimiento y control durante el almacenamiento a temperatura ambiente.



Nota. Grupo de Control (GC), Recubrimiento tratamiento 1(T1), Recubrimiento tratamiento 2 (T2)

3.2.5.2 Resultado ANOVA de Acidez titulable.

En la Tabla 19 se observa que tanto la variable tiempo y tipo de tratamiento influyen en el valor de acidez titulable de los tomates a lo largo del tratamiento. Se comprobó mediante ANOVA, que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) del tratamiento 2 con respecto al tratamiento 1 y al grupo de control, dando a entender que el pH, además de depender del tiempo, como es algo evidente, también depende del tipo de tratamiento que se le aplicó.

Tabla 19

Prueba Inter sujetos ANOVA para acidez titulable.

Variables	F	Sig.
Tiempo	863.809	< 0.001
Tratamiento	137.489	< 0.001
Tiempo*Tratamiento	24.180	< 0.001

Nota. Parámetro Estadístico (F)

3.2.5.3 Resultados post ANOVA (Tukey).

Como se muestra en la Tabla 20, los valores de AT presentan diferencias significativas ($p < 0.05$), por lo tanto, se distribuyeron en tres subconjuntos, en el subconjunto 1, se tiene al grupo de control el cual tiene una diferencia significativa, tanto con el tratamiento 1 como con el tratamiento 2, en este caso el grupo de control presenta el valor más bajo de AT (0.4509%), mientras que en el subconjunto 2, el tratamiento 2 también tiene diferencia significativa tanto con el tratamiento 2 y con el grupo de control, mientras que en el subconjunto tres se encuentra el tratamiento 2, con el valor más alto de AT (0.4842%), presentando diferencia significativa con el tratamiento 1 y el grupo de control. A pesar de que los valores de AT son muy similares entre los tipos de tratamientos aplicados, mediante Tukey se puede comprobar que si existe una diferencia significativa estadísticamente. En este caso dando como resultado que el tratamiento 2 es el que presenta un valor de AT más alto que el grupo de control y el tratamiento 1.

Tabla 20

Prueba de Tukey para acidez titulable durante los 21 días de almacenamiento.

Acidez Titulable				
HSD Tukey				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
Grupo de Control	24	.450		
Tratamiento 2	24		.476	
Tratamiento 1	24			.484

Nota. N es el número de muestras

La AT es otro factor físico-químico muy importante que puede dar señales de las condiciones del fruto en este caso del tomate. Al final de los 21 días de análisis se pudo evidenciar que la AT disminuye en todos los casos, este es un proceso normal que se da durante el almacenamiento después de la cosecha, ya que los ácidos orgánicos que se encuentran en el fruto, son utilizados para procesos muy importantes como la respiración y otros procesos metabólicos (Mahfoudhi & Hamdi, 2015). En el caso del tratamiento 2, presentó mejor estabilidad, ya que en primer lugar cuenta con el recubrimiento que esté compuesto por goma arábica, la cual limita la cantidad de oxígeno que absorbe el fruto, y de esta manera reduce la respiración y por consecuencia el consumo de ácidos orgánicos. Así mismo, al contar con el extracto de polifenoles, el cual es un ingrediente activo mejora la actividad antimicrobiana, ya que las frutas al contar con un alto valor de actividad acuosa pueden facilitar el crecimiento de organismos en la misma. Se han reportado resultados similares como es el caso de la

mandarina recubierta con alginato enriquecido con extracto de fruta de *Ficus hirta* (Chen et al., 2016). O como el caso de las manzanas recubiertas con pululano enriquecido con extracto de albahaca (Synowiec et al., 2014).

3.2.6 Índice de Madurez (IM).

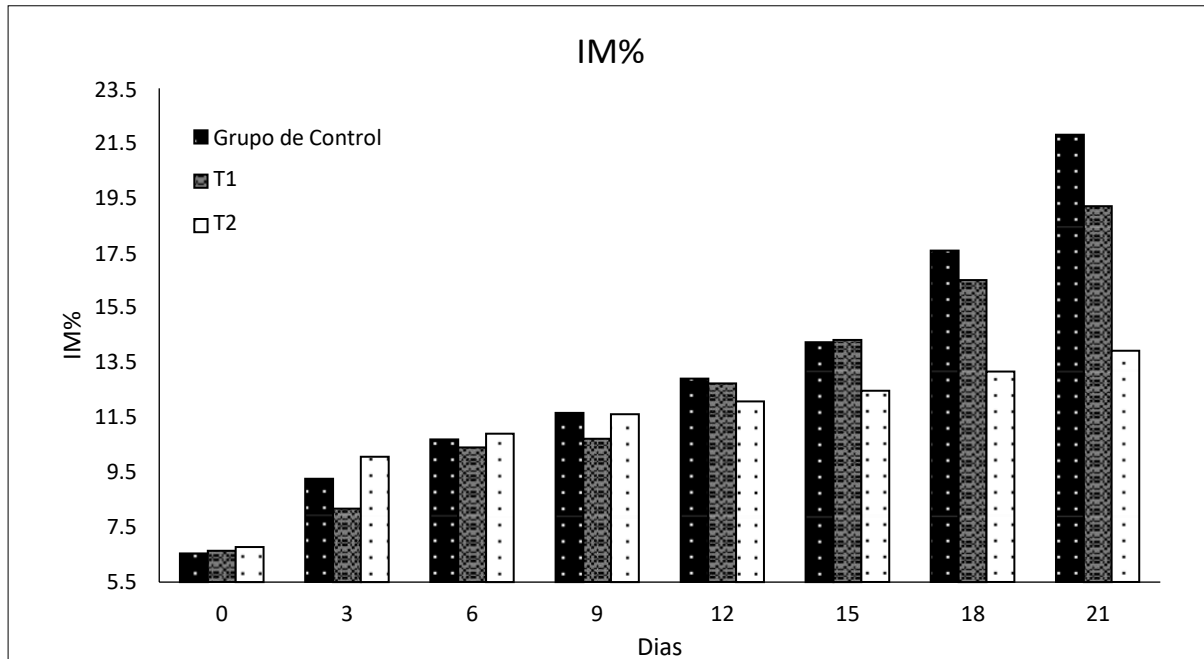
El índice de madurez en los frutos es un criterio ligado directamente con la acidez titulable (AT) y los sólidos solubles totales (SST) (Pinzón et al., 2007). Relacionando el aumento de azúcares disueltos entre la disminución de ácido cítrico en un fruto, a lo largo del tiempo; el porcentaje del índice de madurez resume en cierta medida el grado de senescencia en un fruto climatérico. El cambio gradual de estas dos propiedades (SST y AT) a su vez está en función de la tasa de respiración y el consumo de energía en los frutos.

Describir el grado de madurez en un vegetal, es posible predecirlo de acuerdo a las tendencias de la acidez titulable y los sólidos disueltos totales. En función de los resultados presentados anteriormente (Figura 14 y 15) el comportamiento mostrado en el índice de madurez coincide con dichas tendencias; al exponer resultados con un comportamiento relativamente lineal (Asiamah et al., 2023).

En el presente trabajo, los 3 grupos de tomates: grupo de control, T1 y T2 aumentan a la par durante los primeros 12 días de observación, después de ese periodo, los tomates de control y los recubiertos con T1 experimentan un aumento en el porcentaje de madurez mayor, en comparación con el grupo de T2, siendo este último conjunto, el mejor tratamiento para mantener relativamente constante el grado de senescencia en los tomates. No obstante, el conjunto T1, también ofrece una disminución en el aumento en el IM, finalizando por debajo del grupo de control.

Figura 16

Índice de madurez en tomates con y sin recubrimiento durante 21 días de almacenamiento.



Nota. Grupo de Control (GC), Recubrimiento tratamiento 1(T1), Recubrimiento tratamiento 2 (T2)

3.2.6.2 Resultados ANOVA de Índice de Madurez.

Como es natural, el índice de madurez está relacionado directamente con el tiempo, así como también con el tipo de recubrimiento aplicado en los 2 grupos de tomates. El análisis de varianza (ANOVA) ejecutado en el software IBM SPSS concluye en una diferencia significativa (p menor a 0.05) entre el grupo de control y el recubrimiento aplicado en la superficie de los tomates, comprobando la correlación entre el tratamiento y el %IM, argumentado anteriormente. El análisis post ANOVA, nos indicará el mejor tratamiento estadísticamente.

Tabla 21

Prueba Inter sujetos ANOVA para Índice de Madurez.

Variables	F	Sig.
Tiempo	134.463	Menor a 0.01
Tratamiento	46.927	Menor a 0.01
Tiempo*Tratamiento	19.291	Menor a 0.01

Nota. Parámetro Estadístico (F)

3.2.6.3 Resultados post ANOVA de Índice de Madurez.

En el análisis post ANOVA dividió a las medias de los 3 grupos tratados, en dos subconjuntos diferentes. Evidentemente el tratamiento 2, presentó diferencias significativas con el grupo T1 y el grupo de control, favoreciendo positivamente al grupo T2. Por tanto, es posible establecer el efecto directo del extracto rico en polifenoles, sobre el índice de madurez en los tomates; también se puede demarcar el nulo efecto que tuvo el recubrimiento T1, al mostrar una media similar a los tomates del grupo de control; este resultado concuerda con las tendencias expuestas en la figura 16.

Tabla 22

Prueba de Tukey para Índice de Madurez durante los 21 días de almacenamiento.

Índice de Madurez %		
HSD Tukey		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1 2
Tratamiento 2	24	11.048
Grupo de Control	24	13.089
Tratamiento 1	24	13.725

Nota. N es el número de muestras

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El objetivo primordial de este proyecto de grado, consistió en valorizar los subproductos procedentes del procesamiento agroindustrial de las siguientes frutas: piña, naranja y guineo, mediante la extracción y determinación de polifenoles totales, para su posterior aplicación en la formulación de un recubrimiento a base de goma arábica, diseñado con el fin de extender el tiempo de vida de anaquel en tomates riñón (*Solanum lycopersicum* L).

En base a los resultados obtenidos mediante el método de Folin Ciocalteu, el residuo con mayor contenido de polifenoles totales (TPC) fue, la cáscara de naranja con un valor promedio de: 57 mg de GAE por gramo de materia seca, seguido por la cáscara de piña con: 49 mg de GAE por gramo de materia seca, mientras que la cáscara de guineo presentó un TPC igual a 33 mg de GAE por gramo de materia seca. Siendo la piel de naranja, el residuo seleccionado para obtención del extracto concentrado rico en polifenoles, y su inclusión en la formulación del recubrimiento a base de polisacárido (goma arábica).

El objetivo principal de la segunda etapa del proyecto, hizo referencia a indagar la posible correlación entre el tipo de tratamiento, y/o recubrimiento aplicado en las muestras de tomates frescos, y su efecto en la calidad de los mismos a lo largo del tiempo, medidos a temperatura ambiente.

Para ello se consideraron dos formulaciones, T1 y T2 (exceptuando el grupo de control), diferenciándose únicamente en la presencia o ausencia del extracto concentrado rico en polifenoles totales. El tratamiento 2, el cual incluye la adición de polifenoles en una proporción de 1g/L, presentó medias favorables, en las siguientes pruebas de calidad: porcentaje de pérdida de peso, firmeza, acidez titulable, pH e índice de madurez; con respecto al tratamiento 1 y al grupo de control, resultando ser el mejor tratamiento, observado durante los 21 días de prueba. Estos resultados surgen a partir de las propiedades antioxidantes, proporcionados por la adición del extracto en la formulación del recubrimiento; sumando también, la inherente capacidad de barrera selectiva a gases, por parte de la goma arábica. No obstante, la adición del extracto concentrado, no tuvo ningún efecto significativo, en el retardo de los sólidos solubles totales en los 3 grupos de tomates; al tratarse de un fenómeno anaerobio; la conversión del almidón en azúcares como la glucosa, fructosa o sacarosa, no depende de la

concentración del oxígeno en el interior del fruto, por tanto, la presencia de una barrera complementaria como el recubrimiento descrito, no afecta a este fenómeno.

4.2 Recomendaciones

Antes de realizar la maceración, se recomienda primero considerar la cantidad de extracto etanólico necesario, según requiera el analista; y con ello, calcular las proporciones sólido/solvente con un exceso del 33%.

Con el fin de acelerar la etapa del filtrado, es viable utilizar un filtro o tamiz complementario, que retenga las partículas sólidas de mayor tamaño, agilizando la separación del extracto etanólico, para posteriormente, ejecutar el filtrado estandarizado, mediante el papel Whatman No 1.

El extracto concentrado mediante destilación al vacío, no debe permanecer más de 1 día en almacenamiento, debido a su naturaleza perecedera; no obstante, el extracto bruto obtenido de la maceración (extracto etanólico) puede mantenerse por un periodo de tiempo mayor, en condiciones de refrigeración, protegida de la luz y del oxígeno.

Por otro lado, es necesario garantizar las mismas condiciones en todos los ejemplares de tomates. Se recomienda tratar con muestras en el mismo estado o etapa de madurez, provenientes del mismo lote de cosecha, con el fin de evitar variaciones significativas en cada análisis, y obtener resultados representativos.

Cuando se prepare la solución a base de polisacáridos, se recomienda agitar la solución vigorosamente, durante todo momento, esto ayudará a garantizar una viscosidad uniforme y una homogeneización completa de todos los reactivos. Se recomienda realizar una reducción de tamaño mediante un mortero de porcelana, a la goma arábica granulada, hasta formar una harina más fina, que facilite su posterior disolución en agua destilada.

Al aplicar el recubrimiento por inmersión en los tomates, es recomendable colocarlos en un ambiente ventilado, sobre una superficie agujereada que permita el contacto del aire en toda la superficie del fruto, y así evitar la acumulación del líquido en la base de los tomates. Se debe almacenar los tomates una vez se encuentren totalmente secos.

Se recomienda realizar ensayos similares, variando la concentración del extracto concentrado, así como también, mejorar la técnica extracción, de polifenoles, mediante otros métodos emergentes, como la extracción asistida por ultrasonidos, extracción asistida por microondas entre otras. También se debe incluir la liofilización como técnica complementaria, para enriquecer los extractos obtenidos.

Referencias

- Agroindustrial, I., De Jugo, E., Aceite, Y., & De Naranja, E. (2014). *Factibilidad en la instalación de una planta extractora de jugo y aceite esencial de naranja (Citrus Sinensis) en el cantón Tosagua*. <http://repositorio.espm.edu.ec/handle/42000/424>
- Ajmal Shah, M., Tariq, S., Muhammad Abuzar, S., Ilyas, K., Qadees, I., Alsharif, I., Anam, K., Almutairi, R. T., Al-Regaiey, K. A., Babalghith, A. O., Saleem, U., Malik, Abd., Almikhlaif, M. A., Alanazi, Y. F., Albalawi, M. S., & Sanches Silva, A. (2024). Peel waste of citrus fruits: A valuable and renewable source of polyphenols for the treatment of diabetes. *Current Research in Biotechnology*, 100204. <https://doi.org/10.1016/J.CRBIOT.2024.100204>
- Alias, H., & Abbas, Z. (2017). MALAYSIAN JOURNAL OF ANALYTICAL SCIENCES MICROWAVE-ASSISTED EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUND FROM PINEAPPLE SKINS: THE OPTIMUM OPERATING CONDITION AND COMPARISON WITH SOXHLET EXTRACTION. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 21, 690–699. <https://doi.org/10.17576/mjas-2017-2103-18>
- Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., & Alderson, P. G. (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 58(1), 42-47. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.05.005>
- Almendros, A. I., Martín-Lara, M. A., Ronda, A., Pérez, A., Blázquez, G., & Calero, M. (2015). Physico-chemical characterization of pine cone shell and its use as biosorbent and fuel. *Bioresource Technology*, 196, 406-412. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.109>
- Alvarado, S. J. D., Maldonado, G. J. Z., Briones, G. A. B., & Moreira-Mendoza, C. A. (2023). Evaluación de los residuos agroindustriales con potencial para biocombustibles. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 10(2), 53-73.
- Ancos, B. D., González-•Peña, D., Colina-•Coca, C., & Sánchez-•Moreno, C. (2015). Uso De Películas/Recubrimientos Comestibles En Los Productos De Iv Y V Gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1), 8-17.
- Andrade, R., Skurtys, O., & Osorio, F. (2013). Drop impact behavior on food using spray coating: Fundamentals and applications. *Food Research International*, 54(1), 397-405. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.042>
- Andriani, V., & Abyor Handayani, N. (2023). Recent technology of edible coating production: A review. *Materials Today: Proceedings*, 87, 200-206. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.397>
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426-436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>

- Bajaj, K., Adhikary, T., Gill, P. P. S., & Kumar, A. (2023). Edible coatings enriched with plant-based extracts preserve postharvest quality of fruits: A review. *Progress in Organic Coatings*, 182, 107669. <https://doi.org/10.1016/J.PORGCOAT.2023.107669>
- Bajaña, A., María, M., Cotapo, F., Roy, B., Luis, E., Campos, L., & Campos, L. L. (2019). Estudio económico comparado de los costos de producción y comercialización de naranja orgánica y tradicional en el recinto las piedras del cantón balzar, provincia del Guayas. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, ISSN-e 1696-8352, N°. 5, 2019 (Ejemplar Dedicado a: Mayo), 5, 66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9017625&info=resumen&idioma=ENG>
- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191–203. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2005.07.042>
- Ballon, A., Romero, M. P., Rodriguez-Saona, L. E., de Lamo-Castellví, S., Güell, C., & Ferrando, M. (2024). Conjugation of lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) larvae protein with polyphenols for the development of innovative antioxidant emulsifiers. *Food Chemistry*, 434, 137494. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2023.137494>
- Bansod, S. P., Parikh, J. K., & Sarangi, P. K. (2023). Pineapple peel waste valorization for extraction of bio-active compounds and protein: Microwave assisted method and Box Behnken design optimization. *Environmental Research*, 221, 115237. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2023.115237>
- Barrales, F. M., Silveira, P., Barbosa, P. de P. M., Ruviano, A. R., Paulino, B. N., Pastore, G. M., Macedo, G. A., & Martinez, J. (2018). Recovery of phenolic compounds from citrus by-products using pressurized liquids — An application to orange peel. *Food and Bioproducts Processing*, 112, 9–21. <https://doi.org/10.1016/J.FBP.2018.08.006>
- Bashir, M., Adeel, S., Aftab, M., Mia, R., & Imran, M. (2024). Microwave-assisted cleaner extraction of tannin from *Terminalia chebula*: A promising green method for sustainable leather dyeing. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 37, 101336. <https://doi.org/10.1016/J.SCP.2023.101336>
- Bastidas Campos, M. (2011). Obtención de licor de Coca (*Erythroxylum coca*) var. Lamarck por maceración—Satipo. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20500.12894/1877>
- Castro-Cegrí, A., Ortega-Muñoz, M., Sierra, S., Carvajal, F., Santoyo-Gonzalez, F., Garrido, D., & Palma, F. (2023). Application of polysaccharide-based edible coatings to improve the quality of zucchini fruit during postharvest cold storage. *Scientia Horticulturae*, 314, 111941. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2023.111941>
- Castro-Vazquez, L., Alañón, M. E., Rodríguez-Robledo, V., Pérez-Coello, M. S., Hermosín-Gutierrez, I., Díaz-Maroto, M. C., Jordán, J., Galindo, M. F., & Arroyo-Jiménez, M. del M. (2016). Bioactive Flavonoids, Antioxidant Behaviour, and Cytoprotective Effects of Dried

Grapefruit Peels (*Citrus paradisi* Macf.). *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, e8915729. <https://doi.org/10.1155/2016/8915729>

Calle, M. (2006). *Plan de Negocios para una empresa agroindustrial de tomate riñon en la ciudad de Cuenca*. <https://www.uazuay.edu.ec/sites/default/files/public/2022-01/Plan-de-negocios-para-una-empresa-agroindustrial-de-tomate-rinon-en-la-ciudad-de-Cuenca.pdf>

Cámara de Industrias de Guayaquil. (2020, febrero 20). *Importancia de la Industria de Alimentos y bebidas*. https://issuu.com/industrias/docs/revista_febrero_2020

Cepeda, M. (2015). *El tomate rojo cultivo y control parasitológico*. Trillas S.A.

Chavan, P., Lata, K., Kaur, T., Rezek Jambrak, A., Sharma, S., Roy, S., Sinhmar, A., Thory, R., Pal Singh, G., Aayush, K., & Rout, A. (2023). Recent advances in the preservation of postharvest fruits using edible films and coatings: A comprehensive review. *Food Chemistry*, 418, 135916. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2023.135916>

Chen, C., Peng, X., Zeng, R., Chen, M., Wan, C., & Chen, J. (2016). *Extracto de frutos de Ficus hirta incorporado en un recubrimiento comestible a base de alginato para la conservación de mandarina Nanfeng*. *Scientia Horticulturae*, 202, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.046>

Chia, S. R., Foo, S. P., Hew, Y. S., Loh, Y. J., Devadas, V. V., Chew, K. W., & Show, P. L. (2020). Extraction of phenolic compounds from fresh and wilt kesum plant using liquid biphasic flotation. *Separation and Purification Technology*, 242, 116831. <https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2020.116831>

Cristancho, H. M. M., & Rincón, N. R. P. (2010). *Elaboración de un recubrimiento comestible antimicrobial y antioxidante a partir de aceite de orégano (origanum vulgare) aplicado a la ensalada primavera minimamente procesada de la empresa Defrescura*.

Das, S. K., Vishakha, K., Das, S., Chakraborty, D., & Ganguli, A. (2022). Carboxymethyl cellulose and cardamom oil in a nanoemulsion edible coating inhibit the growth of foodborne pathogens and extend the shelf life of tomatoes. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 42, 102369. <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2022.102369>

Dayanara Rivas Yanangómez, K., & Luis Amable Zambrano Medranda, E. (n.d.). *UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA DE ECONOMÍA AGRÍCOLA*.

Dhall, R. K. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 435-450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>

Díaz-Mula, H. M., Serrano, M., & Valero, D. (2012). Alginate Coatings Preserve Fruit Quality and Bioactive Compounds during Storage of Sweet Cherry Fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 5(8), 2990–2997. <https://doi.org/10.1007/S11947-011-0599-2/METRICS>

- Diego Orbe Maritza Cuichán., David Salazar, & Julio César Muñoz B. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). Boletín técnico*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.pdf
- Duan, M., Tong, C., Huang, C., Tong, Z., Xu, J., Li, D., Pang, J., Zhi, Z., & Wu, C. (2024). Enhanced stabilization of multifunctional phenolic acids-grafted chitin nanofibers for Pickering emulsions. *Food Chemistry*, 440, 138278. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2023.138278>
- Elsevier, & Abdalbasit Adam Mariod. (2018). *Gum Arabic Structure, Properties, Application and Economics* (Abdalbasit Adam Mariod, Academic Press, & ELSEVIER, Eds.). Andre Gerhard Wolff.
- Enríquez, M. (2017). *Evaluación de la producción y el manejo de la postcosecha del tomate riñón (Solanum lycopersicum), variedad Daniela, producido en la Parroquia San Luis*. 98.
- ESIN Consultora S.A. (2014). ATLAS BIONERGETICO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR | ARIAE. In *ESIN Consultora S.A.* . <https://www.ariae.org/servicio-documental/atlas-bionergetico-de-la-republica-del-ecuador>
- Etemadipoor, R., Mirzaalian Dastjerdi, A., Ramezani, A., & Ehteshami, S. (2020). Ameliorative effect of gum arabic, oleic acid and/or cinnamon essential oil on chilling injury and quality loss of guava fruit. *Scientia Horticulturae*, 266, 109255. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2020.109255>
- FAO. (2013). *El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana*. 72.
- Fernando, J., Cabrera Escuela, B., Panamericana, A., & Honduras, Z. (2014). *Plan de exportación de banano variedad Cavendish Valery de Ecuador a Adriafruit Italia SpA*. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3388>
- Firdous, R., Hirsch, T., Hähnel, A., Stephan, D., & Buchwald, A. (2023). Use of residues as fillers in alkali-activated binders. *Ce/Papers*, 6(6), 325-328. <https://doi.org/10.1002/cepa.2968>
- Gaspar, M. C., & Braga, M. E. M. (2023). Edible films and coatings based on agrifood residues: a new trend in the food packaging research. *Current Opinion in Food Science*, 50, 101006. <https://doi.org/10.1016/J.COFS.2023.101006>
- Gómez-Urios, C., Viñas-Ospino, A., Puchades-Colera, P., Blesa, J., López-Malo, D., Frígola, A., & Esteve, M. J. (2023). Choline chloride-based natural deep eutectic solvents for the extraction and stability of phenolic compounds, ascorbic acid, and antioxidant capacity from Citrus sinensis peel. *LWT*, 177, 114595. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2023.114595>
- Guamán, J. (2017). *EVALUACIÓN DE Trichoderma harzianum Rafai Y DOS EXTRACTOS VEGETALES EN MORA, FRESA Y TOMATE EN POST-COSECHA, CONTRA Botrytis sp., Aspergillus sp., y Penicillium sp.* 56.

- Guiance, H., Marino, ;, Isern, ;, Coria, ;, & Irurzun, ; (n.d.). *FLAVONOIDES: APLICACIONES MEDICINALES E INDUSTRIALES*.
- Hershko, V., Klein, E., & Nussinovitch, A. (1996). Relationships Between Edible Coatings and Garlic Skin. *Journal of Food Science*, 61(4), 769-777. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb12201>.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). PRODUCTOS VEGETALES Y DE FRUTAS – DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE (IDT) (NTE INEN-ISO 750:2013).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). PRODUCTOS VEGETALES Y DE FRUTAS – DETERMINACIÓN DE pH (IDT) (NTE INEN-ISO 1842:2013).
- Isabel Pérez Arcos Zamorano, S. (2012). *Evaluación y análisis de la huella hídrica y agua virtual de la producción agrícola en el Ecuador* [ZAMORANO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACION DE AGRONEGOCIOS]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/911>
- Jatav, J., Chinchkar, A. V., & Bhattacharya, B. (2023). Chitosan film with pineapple peel extract in the extension of shelf life of Indian cottage cheese: Release kinetics and bio-accessibility studies. *Food Research International*, 174, 113580. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.113580>
- Jiang, H., Wang, F., Ma, R., & Tian, Y. (2023). Advances in gum Arabic utilization for sustainable applications as food packaging: Reinforcement strategies and applications in food preservation. *Trends in Food Science & Technology*, 142, 104215. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2023.104215>
- Juliana, S., Rueda, V., Acevedo, A. M., Guerra, E. X., & Cervantes Díaz, M. (2021). Determinación del contenido total de flavonoides presentes en residuos agroindustriales de frutas tropicales. *Revista Agunkuyâa*, 11(1), 28–35. <https://doi.org/10.33132/27114260.1983>
- Justillo Carlos, K. A., & Ramírez Defilippi, S. R. (2021). *Propuestas de políticas públicas para fortalecer la cadena de valor de la piña en Ecuador 2021-2025* [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/58262>
- Kaur, S., Panesar, P. S., Chopra, H. K., & Dilbaghi, N. (2024). Encapsulation of citrus polyphenols in multi-phase nano-emulsion: Preservative potential, bio-accessibility and cytotoxicity studies. *Food Bioscience*, 59, 103911. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2024.103911>
- Khaliq, G., Muda Mohamed, M. T., Ali, A., Ding, P., & Ghazali, H. M. (2015). Efecto del recubrimiento de goma arábica combinado con cloruro de calcio sobre las propiedades fisicoquímicas y cualitativas del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) durante el almacenamiento a baja temperatura. *Scientia Horticulturae*, 190, 187-194. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.020>
- Kumar, A., & Saini, C. S. (2021). Edible composite bi-layer coating based on whey protein isolate, xanthan gum and clove oil for prolonging shelf life of tomatoes. *Measurement: Food*, 2, 100005. <https://doi.org/10.1016/J.MEAFOO.2021.100005>

- Kupervaser, M. G., Traffano-Schiffo, M. V., Dellamea, M. L., Flores, S. K., & Sosa, C. A. (2023). Trends in starch-based edible films and coatings enriched with tropical fruits extracts: a review. *Food Hydrocolloids for Health*, 4, 100138. <https://doi.org/10.1016/J.FHFH.2023.100138>
- Lafuente, G. (2017). *Glicerol: Sintesis y Aplicaciones*. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/40820/1/CBT%20124.pdf>
- Le, K. H., La, D. D., Nguyen, P. T. M., Nguyen, M. D.-B., Vo, A. T. K., Nguyen, M. T. H., Tran, D. L., Chang, S. W., Nguyen, X. H., & Duc Nguyen, D. (2021). Fabrication of *Cleistocalyx operculatus* extracts/chitosan/gum arabic composite as an edible coating for preservation of banana. *Progress in Organic Coatings*, 161, 106550. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106550>
- Leite, A. C. C. O., Cerqueira, M. A., Michelin, M., Fuciños, P., & Pastrana, L. (2023). Antiviral edible coatings and films: A strategy to ensure food safety. *Trends in Food Science & Technology*, 138, 551–563. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2023.06.038>
- Li, W., Han, S., Huang, H., McClements, D. J., Chen, S., Ma, C., Liu, X., & Liu, F. (2024). Fabrication, characterization, and application of pea protein isolate-polyphenol-iron complexes with antioxidant and antibacterial activity. *Food Hydrocolloids*, 150, 109729. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2024.109729>
- Liu, Y., Benohoud, M., Galani Yamdeu, J. H., Gong, Y. Y., & Orfila, C. (2021). Green extraction of polyphenols from citrus peel by-products and their antifungal activity against *Aspergillus flavus*. *Food Chemistry: X*, 12, 100144. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2021.100144>
- Loaiza, M. (2013). COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE 4 HÍBRIDOS DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* mill.) EN EL RECINTO LAS DELICIAS DEL CANTÓN LA CONCORDIA PROVINCIA DE ESMERALDAS. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4f99a34d-d8f7-4f16-87b9-e26a64a69006/content>
- López Pinedo, R. C. (2015). Estudio del arte para la obtención de macerados alcohólicos a partir de cortezas y raíces medicinales. *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana*. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20500.12737/4415>
- Luan, Y., Wang, Q., Li, S., Gu, C., Liu, R., Ge, Q., Yu, H., & Wu, M. (2023). Arabic gum grafted with phenolic acid as a novel functional stabilizer for improving the oxidation stability of oil-in-water emulsion. *Food Chemistry: X*, 20, 100974. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2023.100974>
- Mahfoudhi, N., & Hamdi, S. (2015). Use of Almond Gum and Gum Arabic as Novel Edible Coating to Delay Postharvest Ripening and to Maintain Sweet Cherry (*Prunus avium*) Quality during Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1499-1508. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12369>

- Marín-Velázquez, M. (2020). Polifenoles y actividad antioxidante de extracto acuoso de *Musa acuminata* Cavendish Subgroup (BANANA). *Ciencia e Investigación*, 23, 9-14. <https://doi.org/10.15381/ci.v23i1.18717>
- Martínez, G., & López, F. (n.d.). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu Apellidos, nombre*.
- Melo, L. F. M. de, Aquino-Martins, V. G. de Q., Silva, A. P. da, Oliveira Rocha, H. A., & Scortecci, K. C. (2023). Biological and pharmacological aspects of tannins and potential biotechnological applications. *Food Chemistry*, 414, 135645. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2023.135645>
- Meneguzzo, F., Brunetti, C., Fidalgo, A., Ciriminna, R., Delisi, R., Albanese, L., Zabini, F., Gori, A., Nascimento, L. B. dos S., De Carlo, A., Ferrini, F., Ilharco, L. M., & Pagliaro, M. (2019). Real-Scale Integral Valorization of Waste Orange Peel via Hydrodynamic Cavitation. *Processes* 2019, Vol. 7, Page 581, 7(9), 581. <https://doi.org/10.3390/PR7090581>
- México, M., Paúl, J., Ajila, L., Antonio, M., Aguilar, E., Ramiro, H., Romero, C., & Campoverde, J. Q. (2023). Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7494–7507. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V7I1.4981
- Mikova, N. M., Ivanov, I. P., Fetisova, O. Y., Kazachenko, A. S., & Kuznetsov, B. N. (2023). Characterization of the pine biomass derived tannin–furfuryl carbon xerogels. *Bioresource Technology Reports*, 22, 101454. <https://doi.org/10.1016/J.BITEB.2023.101454>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Cifras Agroproductivas*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Montoya, C. (2024). *Evaluación de la actividad antioxidante de polifenoles micro encapsulados obtenidos a partir de la cáscara de plátano (Musa paradisiaca)*.
- More, P. R., & Arya, S. S. (2021a). Intensification of bio-actives extraction from pomegranate peel using pulsed ultrasound: Effect of factors, correlation, optimization and antioxidant bioactivities. *Ultrasonics Sonochemistry*, 72, 105423. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2020.105423>
- More, P. R., & Arya, S. S. (2021b). Intensification of bio-actives extraction from pomegranate peel using pulsed ultrasound: Effect of factors, correlation, optimization and antioxidant bioactivities. *Ultrasonics Sonochemistry*, 72, 105423. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2020.105423>
- More, P. R., Jambrak, A. R., & Arya, S. S. (2022). Green, environment-friendly and sustainable techniques for extraction of food bioactive compounds and waste valorization. *Trends in Food Science & Technology*, 128, 296–315. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2022.08.016>
- Moreno, M. A., Bojorges, H., Falcó, I., Sánchez, G., López-Carballo, G., López-Rubio, A., Zampini, I. C., Isla, M. I., & Fabra, M. J. (2020). Active properties of edible marine polysaccharide-based

coatings containing *Larrea nitida* polyphenols enriched extract. *Food Hydrocolloids*, 102, 105595. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2019.105595>

Motikar, P. D., More, P. R., & Arya, S. S. (2020). A novel, green environment-friendly cloud point extraction of polyphenols from pomegranate peels: a comparative assessment with ultrasound and microwave-assisted extraction. <https://doi.org/10.1080/01496395.2020.1746969>, 56(6), 1014–1025. <https://doi.org/10.1080/01496395.2020.1746969>

Muñoz-Bernal, Ó. A., Torres-Aguirre, G. A., Núñez-Gastélum, J. A., de la Rosa, L. A., Rodrigo-García, J., Ayala-Zavala, J. F., & Álvarez-Parrilla, E. (2017). NUEVO ACERCAMIENTO A LA INTERACCIÓN DEL REACTIVO DE FOLIN-CIOCALTEU CON AZÚCARES DURANTE LA CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES. *TIP*, 20(2), 23–28. <https://doi.org/10.1016/J.RECQB.2017.04.003>

Nishad, J., Saha, S., & Kaur, C. (2019). Enzyme- and ultrasound-assisted extractions of polyphenols from *Citrus sinensis* (cv. Malta) peel: A comparative study. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(8), e14046. <https://doi.org/10.1111/JFPP.14046>

Nombrét, D. P., & Salazar, J. A. G. (2019). *Funcionalización de recubrimientos comestibles de quitosano y alginato de sodio a partir de compuestos fenólicos de jamaica (hibiscus SABDARIFFA)*.

Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D., & Villanueva-Tiburcio, J. E. (2018). Total polyphenols and antioxidant capacity of peel and leaves in twelve citrus. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 123-131. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13>

Ortiz, G. (2014). *Desarrollo de licores macerados de fruta, con un sistema de comercialización no tradicional con mejora de procesos en la empresa Ron Catan*. 99.

Palacios Cabrera, T. A., Chamorro Armas, S. E., Almeida, C., Carrillo, I., Palacios Cabrera, T. A., Chamorro Armas, S. E., Almeida, C., & Carrillo, I. (2019). Diseño de una planta piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (*Citrus Sinensis*). *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 8(2), 23–29. <https://doi.org/10.29166/REVFIG.V1i2.1274>

Peñafiel, S., Brito, G., & Muñoz, G. (2015). *Utilización de residuos agroindustriales para la producción de proteína microbiana*. 11(27), 10.

Pinzón, I. M. del P., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95.

Quintero, C. J., Falguera, V., & Muñoz, H. A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Tumbaga*, 1(5), 93-118.

Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76-89.

Quiroz, P. H. C., Quito, L. F. D., González, A. J. A., & Yanos, J. A. V. (2019). Limitantes para la industrialización de piña en el litoral ecuatoriano. *Pro Sciences: Revista de Producción*,

Ciencias e Investigación, 3(29), 65–73. <https://doi.org/10.29018/ISSN.2588-1000VOL3ISS29.2019PP65-73>

Rashid, R., Wani, S. M., Manzoor, S., Masoodi, F. A., & Dar, M. M. (2022). Improving oxidative stability of edible oils with nanoencapsulated orange peel extract powder during accelerated shelf life storage. *Food Bioscience*, 49, 101917. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2022.101917>

Rather, J. A., Makroo, H. A., Showkat, Q. A., Majid, D., & Dar, B. N. (2022). Recovery of gelatin from poultry waste: Characteristics of the gelatin and lotus starch-based coating material and its application in shelf-life enhancement of fresh cherry tomato. *Food Packaging and Shelf Life*, 31, 100775. <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2021.100775>

Riera, M. A., Maldonado³, S., & Palma⁴, R. R. (2018). Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*, ISSN-e 0717-9103, Vol. 17, N° 3, 2018, Págs. 227-247, 17(3), 227–247. <https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.13>

Ritika, Rizwana, Shukla, S., Sondhi, A., Tripathi, A. D., Lee, J. K., Patel, S. K. S., & Agarwal, A. (2024). Valorisation of fruit waste for harnessing the bioactive compounds and its therapeutic application. *Trends in Food Science & Technology*, 144, 104302. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2023.104302>

Rojas, A. F., Rodríguez-Barona, S., & Montoya, J. (2019). Evaluación de Alternativas de Aprovechamiento Energético y Bioactivo de la Cáscara de Plátano. *Información tecnológica*, 30(5), 11-24. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500011>

Safdar, M. N., Kausar, T., Jabbar, S., Mumtaz, A., Ahad, K., & Saddozai, A. A. (2017). Extraction and quantification of polyphenols from kinnow (*Citrus reticulata* L.) peel using ultrasound and maceration techniques. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(3), 488–500. <https://doi.org/10.1016/J.JFDA.2016.07.010>

Šafranko, S., Ćorković, I., Jerković, I., Jakovljević, M., Aladić, K., Šubarić, D., & Jokić, S. (2021). Green extraction techniques for obtaining bioactive compounds from mandarin peel (*Citrus unshiu* var. Kuno): Phytochemical analysis and process optimization. *Foods*, 10(5), 1043. <https://doi.org/10.3390/FOODS10051043/S1>

Segovia Montalvan, E., Varela Solorzano, M., Torres Navarrete, E., & Gonzales Osorio, B. (2022). Producción y comercialización de naranja (*Citrus sinensis* L.): Caso cantón Caluma, provincia de Bolívar, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 15(2), 1–6. <https://doi.org/10.18779/CYT.V15I2.573>

Shahbazi, Y., Shavisi, N., & Karami, N. (2021). Development of edible bioactive coating based on mucilages for increasing the shelf life of strawberries. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 394–405. <https://doi.org/10.1007/S11694-020-00638-3/METRICS>

Sharma, P., Dhiman, T., Negi, R. S., OC, A., Gupta, K., Bhatti, J. S., & Thareja, S. (2024). A comprehensive review of the molecular mechanisms driving skin photoaging and the recent

advances in therapeutic interventions involving natural polyphenols. *South African Journal of Botany*, 166, 466–482. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2024.01.035>

Solano-Apantes, A., Ponce-Saltos, W., Zambrano-Gavilanes, F., & Solano, A. (2022). BIODIGESTION ANAEROBICA DE RESIDUOS DE MUSACEAS: CASO ECUADOR. *Biotempo*, 19(1), 51–63. <https://doi.org/10.31381/BIOTEMPO.V19I1.4803>

Synowiec, A., Gniewosz, M., Kraśniewska, K., Przybył, J. L., Bączek, K., & Węglarz, Z. (2014). Antimicrobial and antioxidant properties of pullulan film containing sweet basil extract and an evaluation of coating effectiveness in the prolongation of the shelf life of apples stored in refrigeration conditions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 23, 171-181. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.03.006>

Tapia-Quirós, P., Granados, M., Sentellas, S., & Saurina, J. (2024). Microwave-assisted extraction with natural deep eutectic solvents for polyphenol recovery from agrifood waste: Mature for scaling-up? *Science of The Total Environment*, 912, 168716. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.168716>

Tapia, M. S., Rojas-Graü, M. A., Carmona, A., Rodríguez, F. J., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2008). Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids*, 22(8), 1493-1503. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.10.004>

Tiamiyu, Q. O., Adebayo, S. E., & Yusuf, A. A. (2023). Gum Arabic edible coating and its application in preservation of fresh fruits and vegetables: A review. *Food Chemistry Advances*, 2, 100251. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHA.2023.100251>

Trujillo Orellana, J. E. (2021). *Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos de la cáscara de piña (Ananas comosus), frente a un producto comercial* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20032>

Uchoi, D., Raju, C. V., Lakshmisha, I. P., Singh, R. R., & Elavarasan, K. (2017). *Antioxidative Effect of Pineapple Peel Extracts in Refrigerated Storage of Indian Mackerel*. <http://krishi.icar.gov.in/jspui/handle/123456789/15013>

Vázquez-González, M., Fernández-Prior, Á., Bermúdez Oria, A., Rodríguez-Juan, E. M., Pérez-Rubio, A. G., Fernández-Bolaños, J., & Rodríguez-Gutiérrez, G. (2020). Utilization of strawberry and raspberry waste for the extraction of bioactive compounds by deep eutectic solvents. *LWT*, 130, 109645. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.109645>

Vista de Efecto del tiempo sobre la cuantificación de polifenoles totales con el reactivo de Folin-Ciocalteu. (n.d.). Retrieved November 30, 2023, from <https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/view/216/271>

Vu, H. T., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2019). Maximising recovery of phenolic compounds and antioxidant properties from banana peel using microwave assisted extraction and water. *Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1360–1370. <https://doi.org/10.1007/S13197-019-03610-2/METRICS>

- Wang, N., Liu, X., Ma, Y., Huang, X., Song, L., Guo, H., Sun, X., Sun, X., Hai, D., Zhao, P., & Shen, Y. (2024). Identification of polyphenol extracts from flaxseed and study on its bacteriostatic mechanism. *Food Bioscience*, 58, 103618. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2024.103618>
- Wang, T., Li, Q., Zhang, H., & Chen, J. (2024). Flavonoids from *Citrus reticulata*: Inhibitory activity against pathogenic fungi and biocontrol potential. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 131, 102250. <https://doi.org/10.1016/J.PMPP.2024.102250>
- Wu, W., Shi, C., Zi, Y., Gong, H., Chen, L., Kan, G., Wang, X., & Zhong, J. (2024). Effects of polyphenol and gelatin types on the physicochemical properties and emulsion stabilization of polyphenol-crosslinked gelatin conjugates. *Food Chemistry: X*, 22, 101250. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2024.101250>
- Yaashikaa, P. R., Kamalesh, R., Senthil Kumar, P., Saravanan, A., Vijayasri, K., & Rangasamy, G. (2023). Recent advances in edible coatings and their application in food packaging. *Food Research International*, 173, 113366. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.113366>
- Zhao, R., Chen, J., Yu, S., Niu, R., Yang, Z., Wang, H., Cheng, H., Ye, X., Liu, D., & Wang, W. (2023). Active chitosan/gum Arabic-based emulsion films reinforced with thyme oil encapsulating blood orange anthocyanins: Improving multi-functionality. *Food Hydrocolloids*, 134, 108094. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2022.108094>
- Zwingelstein, M., Draye, M., Besombes, J.-L., Piot, C., & Chatel, G. (2020). Viticultural wood waste as a source of polyphenols of interest: Opportunities and perspectives through conventional and emerging extraction methods. *Waste Management*, 102, 782-794. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.11.034>

Anexos

Anexo A. Evidencia fotográfica del procedimiento Experimental



A1. Preparación de la materia prima



A2. Pesado de la materia prima



A3. Secado de las cáscaras



A4. Molido de las cáscaras



A5. Molido de cáscaras en el mortero.



A6. Tamizado por malla ASTM 40



A7. Pesado de la materia seca obtenida



A8. Maceración



A9. Muestras en el equipo de agitación



A10. Extracto obtenido por maceración



A11. Filtrado del extracto



A12. Almacenamiento del extracto



A13. Concentración del extracto en rotoevaporador



A14. Elaboración de recubrimiento



A15. Lavado y desinfección de los tomates.



A16. Aplicación del recubrimiento por inmersión



A17. Tomates con y sin recubrimiento



A18. Prueba de acidez titulable



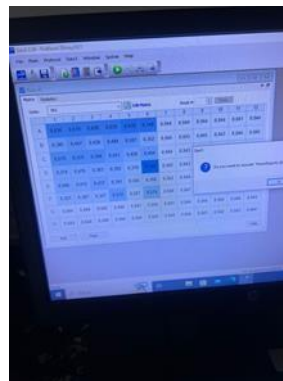
A19. Equipo usado para prueba de SST



A20. Equipo usado para prueba de Firmeza



A21. Tomates día 21



A22. Resultados de la determinación de polifenoles



A23. Determinación de polifenoles.