



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Alimentación y Nutrición

nombre del programa universitario de investigación de la Digi

Evaluación del efecto antipardeante de los extractos de perejil (*Petrocelinum crispum*) en manzana (*Pyrus malus* L.) mínimamente procesada

nombre del proyecto de investigación

4.8.63.0.70

número de partida presupuestaria

Centro de Investigaciones de Ingeniería-USAC

unidad académica o centro no adscrito a unidad académica que avaló el proyecto

Ing. Qco. Gerson Joél Ortega Morales
Ing. Mec. Osber Isabel Carías Palencia
Inga. Qca. Claudia Elisa Castellanos Jurado
Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
Ing. Ind. Juan Pablo López Cano
Br. Melinna Lizeth Beteta Castro
Br. Renato Paolo Cisneros Quiñonez

nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por la Digi

Guatemala 17/02/2025

lugar y fecha de presentación del informe final dd/mm/año



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Contraportada

Autoridades de la Dirección General de Investigación

Dra. Alice Burgos Paniagua

Directora General de Investigación

MARN Ing. Agr. Julio Rufino Salazar

Coordinador General de Programas

Inga. Liuba María Cabrera de Villagrán

Coordinador(a) del Programa Universitario de Investigación

Autores

Ing. Qco. Gerson Joel Ortega Morales, 20170362

Ing. Mec. Osber Isabel Carías Palencia, 20171369

Inga. Qca. Claudia Elisa Castellanos Jurado, 20230984

Br. Renato Paolo Cisneros Quiñonez, 20231031

Br. Melinna Lizeth Beteta Castro, 20240650

Colaboradores

Ing. Ind. Juan Pablo López Cano, 20220113

El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria número: 4.8.63.0.70 en el Programa Universitario de Investigación Alimentación y Nutrición

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Resumen.....	1
Palabras clave.....	1
Abstract	2
Keywords	2
1. Introducción	3
2. Contexto de la investigación	5
3. Revisión de literatura	6
4. Planteamiento del problema	11
5. Objetivos	12
5.1 General	12
5.2 Específicos	12
6. Hipótesis.....	12
7. Método	13
7.1 Tipo de investigación.	13
7.2 Enfoque y alcance de la investigación.....	13
7.3 Diseño de la investigación.....	14
7.4 Población, muestra y muestreo.....	14
7.5 Técnicas	15
7.6 Resumen de las variables o unidades de análisis.....	17
7.7 Procesamiento y análisis de la información.	17
8 Aspectos éticos y legales.....	18
9 Resultados y discusión	19
10 Propiedad intelectual	45
11 Beneficiarios directos e indirectos	46
12 Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.	47
13 Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)	48
14 Contribución al desarrollo de iniciativas de ley	48
15 Vinculación	49
16 Conclusiones	49
17 Recomendaciones.....	50
Referencias.....	51



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Apéndice	55
Declaración del coordinador (a) del proyecto de investigación.....	77
Aval del director (a) del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario	78
Aprobación de la Dirección General de Investigación	78



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Resumen

Este proyecto de investigación se centró en evaluar el efecto antipardeante de los extractos de perejil (*Petroselinum crispum*) en manzanas mínimamente procesadas (*Pyrus malus* L.). Para ello, se empleó un proceso de extracción utilizando una solución etanol-agua, comparando dos concentraciones de etanol (96% y 50%) con el fin de determinar su eficacia. El rendimiento de la extracción se calculó mediante solventes hidroxílicos, y se evaluó la capacidad antioxidante de los extractos a través de la inhibición del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) y la cuantificación de polifenoles totales utilizando el método de Folin-Ciocalteu.

Los resultados demostraron que el extracto obtenido con etanol al 96% presentó un mayor rendimiento y una actividad antioxidante superior. En las pruebas de inhibición del pardeamiento en rodajas de manzana mínimamente procesadas, este extracto mostró una eficacia significativa para retrasar el oscurecimiento en comparación con el control y con el extracto al 50%. Los cambios de color durante el almacenamiento refrigerado se monitorearon mediante instrumentos de medición, confirmando que los extractos de perejil redujeron de manera notable el pardeamiento enzimático.

Además, se evaluaron las características sensoriales de las rodajas de manzana mediante un panel hedónico con jueces no entrenados. Los resultados revelaron que el extracto al 50% fue mejor valorado en términos de aroma y textura en comparación con el extracto al 96%. No obstante, en lo que respecta al control del pardeamiento, el extracto etanol-agua al 96% demostró un efecto más pronunciado y destacado.

Palabras clave

1. Pardeamiento enzimático	2. Manzana (<i>Pyrus malus</i> L.)	3. Extracto de Perejil (<i>Petrocelinum crispum</i>)	4. Polifenoles	5. Inhibición
----------------------------	-------------------------------------	--	----------------	---------------



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Abstract

This research project focused on evaluating the anti-browning effect of parsley extracts (*Petroselinum crispum*) on minimally processed apples (*Pyrus malus* L.). For this purpose, an extraction process was used with an ethanol-water solution, comparing two ethanol concentrations (96% and 50%) to determine their effectiveness. The extraction yield was calculated using hydroxilic solvents, and the antioxidant capacity of the extracts was evaluated by inhibiting the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical and quantifying total polyphenols using the Folin-Ciocalteu method.

The results showed that the extract obtained with 96% ethanol exhibited a higher yield and superior antioxidant activity. In the anti-browning tests on minimally processed apple slices, this extract showed significant effectiveness in delaying browning compared to the control and the 50% extract. Color changes during refrigerated storage were monitored using measurement instruments, confirming that parsley extracts notably reduced enzymatic browning.

Additionally, the sensory characteristics of the apple slices were evaluated using a hedonic panel with untrained judges. The results revealed that the 50% extract was better rated in terms of aroma and texture compared to the 96% extract. However, regarding browning control, the ethanol-water extract at 96% showed a more pronounced and remarkable effect

Keywords

Enzymatic browning, apple, parsley extract, polyphenols, inhibition.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

1. Introducción

La oxidación enzimática es una de las principales razones detrás de los cambios en el sabor y valor nutricional de estos productos frutícolas y hortícolas. Con la actual manera de vivir, recientemente ha incrementado la ingesta de productos listos para consumir, cuyos efectos de la oxidación enzimática resultan en una vida útil reducida.

En la actualidad, las sustancias con mayor aplicación para evitar la oxidación enzimática en productos vegetales y frutas frescas mínimamente procesadas son sulfitos. Su uso puede generar respuestas alérgicas en personas que padecen asma, además de presentar otras restricciones, también la pérdida de textura y la disminución del valor nutricional de los alimentos tratados (Valverdú, 2018).

Estos productos se deterioran rápidamente al ser cortados debido a los daños en los tejidos, como la decoloración de las células cuando se rompe la membrana celular y los componentes del protoplasma. (Lee, 2014). Los signos más notorios de deterioro son los cambios en la textura y el color, así como la contaminación microbiana. (Landim, Barbosa y Barbosa, 2016).

El cambio de color en la superficie cortada es un problema que se observa en varios productos vegetales, como la lechuga, el repollo, el durazno, la manzana, la pera (Jadán Piedra, 2017). Estos cambios de color se atribuyen a un proceso de oxidación enzimática en el cual los compuestos fenólicos se oxidan a formas quinónicas a través de reacciones catalizadas por enzimas conocidas como polifenoloxidasas (PPO) (Quevedo et al., 2016, citado en Jadán Piedra, 2017).



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Las PPO catalizan la oxidación de los compuestos polifenólicos en presencia de oxígeno molecular, y estos compuestos son responsables de las reacciones de decoloración que ocurren durante la recolección y manipulación, por lo tanto, es importante buscar formas de controlarlos y prevenirlos. (Quevedo et al., 2016)

Se han llevado a cabo investigaciones que han considerado el uso de antioxidantes en diferentes concentraciones y combinaciones como agentes para controlar la oxidación de los polifenoles.

Como alternativa a los antioxidantes sintéticos, se encuentran los extractos de perejil, que contienen cantidades significativas de compuestos antioxidantes como vitamina C y tocoferoles (vitamina E), clorofila, varios pigmentos liposolubles, flavonas y flavonoles, y esencias extraídas con componentes químicos como el alcanfor de perejil, 6-alil-4-metoxi-1,3-benzodioxol y el 1-metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexeno (Agyare, Appiah, Boakye y Apenteng, 2017, citado en Valverdú, 2018).

El objetivo de este estudio de investigación buscó proponer una alternativa basada en extractos de perejil (*Petrocelinum crispum*) como agente antipardeante en manzanas cortadas como medida de conservación.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

2. Contexto de la investigación

Tabla 1

Temporalidad y espacio de la ejecución del proyecto de investigación.

Lugar	Proceso para desarrollar	Tiempo (meses)
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-	<ul style="list-style-type: none"> Extracción sólido-líquido empleando solventes hidroxílicos (agua y alcohol etílico). Método del 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) Bobo García et al. (2015). Método Folin-Ciocalteu 	6
Centro de Información y Asesoría Toxicológica de Guatemala, CIAT-USAC Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotometría con el método de Valverdú (2018) y McIlvaine. 	3

Nota. Elaboración propia.

Se hizo uso de los distintos laboratorios y lugares establecidos en la *tabla 1*, los cuales tuvieron como objetivo la obtención del extracto (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Liexve), y la caracterización (Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC) de los diferentes métodos empleados para determinar la capacidad antipardeante.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

3. Revisión de literatura

Después de ser cosechada, la manzana (*Pyrus malus* L.) puede experimentar una serie de problemas que afectan su calidad sensorial, entre los que destacan los cambios en la textura, como la pérdida de firmeza y la falta de consistencia del producto (Benítez & Pensel, 2004, citado en Meza Velázquez et al., 2007). Estos cambios están relacionados con la degradación de la pared celular, principalmente por la acción de enzimas como la poligalacturonasa y la pectinmetilesterasa, que modifican la estructura de la pectina, un polisacárido clave para mantener la firmeza de la fruta (Brummell, 2006). Además, la pérdida de agua por transpiración durante el almacenamiento reduce la turgencia celular, lo que contribuye a una textura más blanda y menos atractiva (Link', Drake, Thiede, & Link, 2004).

Otro fenómeno que afecta significativamente la calidad de las manzanas es el oscurecimiento enzimático, un proceso relacionado con la oxidación de los compuestos fenólicos presentes en el fruto, como el ácido clorogénico, las catequinas y las procianidinas (Barth et al., 2004, citado en Meza Velázquez et al., 2007). Este proceso es catalizado por la enzima polifenol oxidasa (PPO), que, en presencia de oxígeno, convierte los compuestos fenólicos en o-quinonas. Estas o-quinonas, inicialmente incoloras, se polimerizan para formar pigmentos oscuros responsables del pardeamiento en las frutas (Castañer et al., 1996, citado en Meza Velázquez et al., 2007). Según Queiroz et al. (2008), "la acción de la polifenol oxidasa favorece la oxidación de los compuestos fenólicos a medida que aumenta la presencia de oxígeno y las condiciones de pH neutro", lo que hace que el pardeamiento sea aún más pronunciado en productos expuestos a estas condiciones.

Los efectos del pardeamiento enzimático se incrementan durante el almacenamiento, especialmente en productos mínimamente procesados como las rodajas de manzana. A medida que el tiempo de almacenamiento se prolonga, la capacidad de la fruta para resistir estas alteraciones disminuye, lo que conlleva a una mayor descomposición de los compuestos fenólicos y una mayor formación de pigmentos oscuros (Prakash et al., 2016).



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

De ahí que la utilización de métodos de preservación que puedan mitigar estos efectos sea crucial para extender la vida útil de las frutas mínimamente procesadas, sin comprometer sus cualidades sensoriales (Garcia & Barrett, 2005).

Uno de los enfoques más prometedores para retardar el pardeamiento enzimático es el uso de extractos naturales ricos en antioxidantes. El perejil (*Petroselinum crispum*), por ejemplo, contiene flavonoides, ácido ascórbico y otros compuestos fenólicos que han demostrado ser efectivos para inhibir la actividad de la polifenol oxidasa (Wang et al., 2014). Según Wang et al. (2014), "los flavonoides en los extractos de perejil, como la quercetina, actúan como secuestradores de radicales libres, impidiendo la oxidación de los compuestos fenólicos presentes en las frutas y retrasando así la formación de pigmentos oscuros".

Estos extractos no solo ayudan a mantener el color original de las manzanas, sino que también contribuyen a preservar sus propiedades nutricionales, lo que es especialmente relevante para la industria alimentaria que busca ofrecer productos frescos, naturales y de alta calidad (Zhang & Hamazu, 2004).

En cuanto a los métodos aplicados para mejorar la estabilidad del color en frutas mínimamente procesadas, la combinación de tratamientos antioxidantes con técnicas de almacenamiento controlado muestra resultados prometedores. Varios estudios han reportado que el uso de extractos naturales combinados con atmósferas modificadas, como la reducción de oxígeno, puede ralentizar significativamente el proceso de oxidación y la pérdida de calidad sensorial (Sánchez et al., 2019).

Según Sánchez et al. (2019), "la aplicación de atmósferas modificadas junto con antioxidantes naturales ha demostrado ser exitosa para reducir el pardeamiento y mejorar la estabilidad de color en productos frutales, prolongando su vida útil sin comprometer sus propiedades organolépticas". Además, los extractos de perejil, cuando se combinan con estas técnicas, proporcionan un efecto sinérgico que mejora aún más la calidad de los productos, lo que representa una solución innovadora y natural frente al uso de conservantes químicos en la industria alimentaria.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

La evaluación de los perfiles de color en frutas es un aspecto clave en la industria alimentaria, ya que el color es uno de los principales parámetros que indican la madurez, calidad y aceptabilidad de los productos por parte del consumidor. El pardeamiento enzimático, que es una reacción que involucra la polifenol oxidasa (PPO), es uno de los principales problemas que afecta la calidad sensorial de frutas como la manzana, especialmente durante el almacenamiento. Para monitorear y evaluar la calidad visual, se utilizan diversas técnicas que permiten obtener una medición precisa del color, cada una con aplicaciones específicas dependiendo del tipo de fruto y el proceso de conservación al que se somete.

La colorimetría es una de las técnicas más comunes para la evaluación del color en frutas. Utiliza el sistema CIE Lab*, que mide tres dimensiones del color: luminosidad (L^*), cromaticidad verde-rojo (a^*) y cromaticidad azul-amarillo (b^*). Según Pathare et al. (2013), "los instrumentos de evaluación de color, como los colorímetros y espectrofotómetros, son herramientas efectivas para identificar atributos, inconsistencias o desviaciones de color de un estándar". Estos instrumentos permiten cuantificar el color de manera precisa, proporcionando una base objetiva para determinar la calidad del producto. En frutas mínimamente procesadas, como las manzanas, este sistema de medición es vital para evaluar la estabilidad del color durante el almacenamiento y asegurar que el producto cumpla con los estándares de calidad exigidos por los consumidores.

Otra técnica importante es el análisis de imágenes digitales, que utiliza cámaras digitales junto con software especializado para capturar imágenes de los frutos y analizar sus características cromáticas. Este método tiene la ventaja de ser no destructivo, lo que permite realizar evaluaciones rápidas y a gran escala sin dañar el producto. De acuerdo con Cubero et al. (2011), "el análisis de imágenes digitales es una alternativa eficiente para calcular las coordenadas del color en alimentos, permitiendo una confiabilidad superior al 80%". Este enfoque se utiliza comúnmente para el análisis de grandes volúmenes de frutas en estudios de investigación y control de calidad, ya que ofrece una alternativa rápida y eficiente al análisis manual del color.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Por último, la espectroscopía de reflectancia es una técnica avanzada que mide la luz reflejada por la superficie del fruto en diferentes longitudes de onda. Este análisis permite obtener un perfil espectral detallado que se correlaciona con el color y otros atributos de calidad, como la textura y la firmeza de la fruta. La espectroscopía de reflectancia es especialmente útil para evaluar frutas en sus etapas tempranas de maduración, cuando los cambios de color son más sutiles. Además, este método puede usarse de manera continua y en línea, lo que lo hace ideal para la monitorización en tiempo real durante la producción o el almacenamiento (Sánchez et al., 2019).

El control del color en frutas mínimamente procesadas es esencial para asegurar que el producto mantenga sus cualidades visuales y sensoriales durante el tiempo de almacenamiento y comercialización. El color no solo influye en la percepción del consumidor, sino que también está relacionado con la frescura y el contenido nutricional de los productos. Según Kader (2002), "la firmeza y el color son los principales parámetros para estimar el grado de madurez de un fruto", y su monitoreo adecuado asegura que los productos cumplan con los estándares de calidad y con las expectativas del consumidor.

La combinación de las técnicas de evaluación de color con tratamientos antioxidantes y almacenamiento controlado ha demostrado ser efectiva para retrasar el pardeamiento enzimático, mejorando la vida útil de los productos y minimizando las pérdidas en la cadena de suministro.

Para evitar el ennegrecimiento enzimático y las alteraciones en la textura de los productos naturales durante su maduración, se han desarrollado diversos métodos físicos y químicos. Entre los tratamientos químicos, los sulfitos han sido ampliamente utilizados como inhibidores del oscurecimiento enzimático debido a su capacidad para inactivar la PPO. Sin embargo, su uso se ha restringido en productos frescos debido a los posibles efectos adversos en personas sensibles, como los asmáticos (Almeida & Nogueira, 1995; Sapers et al., 1993, citado en Meza Velázquez et al., 2007). Además, los sulfitos pueden afectar negativamente las propiedades organolépticas de algunos alimentos, como la papa y la manzana (Lozano et al., 1993). En respuesta a estas limitaciones, se han explorado alternativas naturales, como el



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

uso de agentes antioxidantes derivados del ácido ascórbico, el 4-hexilresorcinol, los aminoácidos azufrados y extractos de plantas ricas en compuestos fenólicos, como el perejil (Agyare et al., 2017, citado en Valverdú, 2018).

En este proyecto, se utilizaron extractos de perejil como conservante natural para las manzanas, aprovechando su contenido de polifenoles y compuestos antioxidantes. Esta iniciativa no solo responde a la preferencia del mercado por aditivos naturales, sino que también busca ampliar el uso del perejil más allá de su función decorativa en la gastronomía guatemalteca. Al promover una economía circular mediante el uso de recursos locales, esta propuesta contribuye a abordar problemas alimentarios y ambientales, ofreciendo una alternativa saludable y sostenible para conservar las manzanas. Además, al darle un nuevo valor al perejil, se fomenta la utilización de aditivos naturales y se trabaja hacia soluciones más respetuosas con el medio ambiente, impulsando la innovación en el sector alimentario.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

4. Planteamiento del problema

La manzana (*Pyrus malus* L.) es una fruta climatérica de gran importancia en Guatemala. Después de ser recolectada, su calidad sensorial se ve afectada por diversos problemas relacionados con el almacenamiento y procesamiento, como el ennegrecimiento enzimático y los cambios en la textura.

En Guatemala, la producción y consumo de manzanas desempeñan un papel significativo en la economía y la alimentación. Es crucial preservar estas frutas climatéricas debido a su valor nutricional y su influencia en la salud de la población guatemalteca. Las manzanas son una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra dietética, lo que las convierte en un alimento nutritivo y beneficioso para la salud.

El ennegrecimiento enzimático es un problema común en las manzanas guatemaltecas. Este proceso, provocado por la oxidación de compuestos fenólicos, puede afectar negativamente la apariencia y calidad de la fruta (Almeida y Nogueira, 1995; Sapers et al., 1993 citado en Meza Velázquez et al., 2007). Al comprender los mecanismos detrás de este proceso y aplicar técnicas adecuadas de almacenamiento y procesamiento, es posible minimizar el ennegrecimiento enzimático y asegurar que las manzanas mantengan su aspecto fresco y atractivo.

Además, los cambios en la textura que experimentan las manzanas, como la pérdida de firmeza y la flacidez, afectan la experiencia sensorial al consumirlas. Estos cambios son ocasionados por la deshidratación del producto y las modificaciones en la estructura celular de los tejidos de la fruta. Es fundamental implementar prácticas adecuadas de conservación y manipulación para evitar estos problemas y garantizar una textura firme y agradable en las manzanas guatemaltecas.

Desde una perspectiva ambiental, la conservación de las manzanas tiene un impacto significativo en la reducción del desperdicio de alimentos en Guatemala. El desperdicio de alimentos tiene consecuencias ambientales importantes, como el consumo excesivo de recursos naturales, la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación del agua.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Al maximizar el aprovechamiento de las manzanas cosechadas y minimizar su deterioro, se contribuye a la sostenibilidad ambiental y se promueve una producción de alimentos más eficiente.

5. Objetivos

5.1 General

Evaluar el efecto antipardeante de los extractos de perejil (*Petrocelinum crispum*) en manzana (*Pyrus malus* L.) mínimamente procesada.

5.2 Específicos

- Determinar el rendimiento extractivo de perejil utilizando dos solventes hidroxílicos.
- Determinar la capacidad antioxidante (inhibición del DPPH) en los extractos de perejil.
- Determinar los polifenoles totales (método de Folin-Ciocalteu) en los extractos de perejil.
- Evaluar la capacidad antipardeante *in vivo* de los extractos de perejil (*Petrocelinum crispum*) en rodajas de manzana (*Pyrus malus* L.).
- Determinar las variaciones de las propiedades sensoriales de las rodajas de manzanas mínimamente procesadas mediante cuadro hedónico con jueces no entrenados.

6. Hipótesis

- El rendimiento extractivo del perejil es mayor cuando se utiliza una relación etanol/agua.
- Los extractos de perejil presentan capacidad antioxidante.
- Existe efecto antipardeante en los extractos de perejil aplicado a las lonchas de manzana.
- Los extractos de perejil pueden ser una opción natural para evitar el uso de sulfitos.
- Los extractos de perejil muestran potencial antipardeante *in vivo*.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

7. Método

Los métodos que se emplearon en la propuesta de investigación se describen a continuación:

Objetivo específico 1: Se determinó el rendimiento extractivo de perejil utilizando dos solventes hidroxílicos: agua y alcohol etílico, mediante maceración dinámica. La relación disolvente/especie en los dos casos es 1/6 (Bobo García 2014). Para una solución hidroalcohólica, se empleó una proporción 50/50 con referencia al estudio de Luthria et al., (2006).

Objetivo específico 2: En este se empleó el método del DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (Bobo García et al. 2015). El total de fenoles se determinará utilizando el método Folin-Ciocalteu Cortez et al., (2018) y (Lamuela-Raventós, 2018).

Objetivo específico 4 y 5: La determinación del potencial antipardeante *in vivo* y el seguimiento de la evolución de color se determinó mediante el método de Valverdú (2018).

7.1 Tipo de investigación.

Investigación Básica e Innovación.

7.2 Enfoque y alcance de la investigación.

El enfoque de esta investigación es cuantitativo. La determinación del rendimiento de los extractos de perejil, el poder antipardeante y los compuestos fenólicos totales donde estos últimos fueron determinados mediante el método de Folin-Ciocalteu. Además, se evaluó instrumentalmente la evolución tintórea en las rodajas de manzanas troceadas y el poder antipardeante de los extractos aplicados. La variable respuesta fue el rendimiento extractivo, contenido de polifenoles, capacidad antioxidante y el potencial antipardeante.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

7.3 Diseño de la investigación.

Los métodos que se emplearon en la propuesta de investigación se describen a continuación:

- *Objetivo específico 1:* Se determinó el rendimiento extractivo de perejil utilizando dos solventes hidroxílicos: agua y alcohol etílico, mediante maceración dinámica. La relación disolvente/especie en los dos casos es 1/6 (Bobo García 2014). Para una solución hidroalcohólica, se empleará una proporción 50/50 con referencia al estudio de Luthria et al., (2006).
- *Objetivo específico 2 y 3:* En este se empleó el método del DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (Bobo García et al. 2015). El total de fenoles se determinó utilizando el método Folin-Ciocalteu Cortez et al., (2018) y (Lamuella-Raventós, 2018).
- *Objetivo específico 4 y 5:* La determinación del potencial antipardeante *in vivo* y el seguimiento de la evolución de color se determinó mediante el método de Valverdú (2018).

7.4 Población, muestra y muestreo.

En esta investigación, se emplearon rodajas de manzana (*Pyrus malus* L.) mínimamente procesadas como unidades de muestreo, seleccionadas bajo criterios de inclusión como variedad uniforme, grado de madurez homogéneo y ausencia de defectos visibles, mientras que se excluyeron aquellas con signos de deterioro. Se calcularon las muestras considerando la variabilidad esperada en el contenido fenólico, la capacidad antioxidante y la evolución del color, utilizando un diseño completamente al azar con repeticiones y análisis estadísticos mediante ANOVA y regresión lineal. La selección de la muestra fue por conveniencia, justificada en la necesidad de obtener datos confiables dentro de las condiciones experimentales. Para la evaluación sensorial, se utilizó un cuadro hedónico con jueces no entrenados, garantizando diversidad en términos de edad y preferencias alimentarias, y excluyendo a personas con alergias o intolerancias a los productos evaluados.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

7.5 Técnicas

Los métodos que se emplearán en la propuesta de investigación se describen a continuación:

- *Determinación del rendimiento extractivo de perejil*

Se utilizaron dos solventes hidroxílicos: agua y alcohol etílico con maceración dinámica, la relación disolvente/especie fue de 1:6 (Bobo García, 2014). Para una solución hidroalcohólica, se empleó una proporción 50/50 con referencia al estudio de Luthria et al., (2006).

- *Determinación de la capacidad antioxidante (inhibición del DPPH)*

En este se empleó el método del 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) (Bobo García et al., 2015; (Kuijpers et al., 2014; Marszałek et al., 2017). El 2,2-difenil-1-picrilhidracilo es color violeta oscuro y se trata de un radical estable. El ensayo consistió en reducir el DPPH empleando el antioxidante, este fue evaluado y analizado por medio de la absorbancia, como lo refiere Valverdú, (2018).

Se agregaron 2800 μL de la mezcla de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo con metanol ($60 \mu\text{mol/L}^{-1}$) y sesenta microlitros de la muestra en cuestión en una cubeta.. de poliestireno. Se determinó la absorbancia de la solución a 515 nm al cabo de 60 min de mezclar los reactivos en la oscuridad. El % inhibición de los extractos se determinó como:

$$\% \text{ inhibición DPPH} = \left[1 - \frac{A_{\text{muestra}} - A_{\text{blanco}}}{A_{\text{control}} - A_{\text{blanco}}} \right] * 100 \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde:

A_{muestra} es la lectura de absorbancia ajustada a 515 nm para una solución de 2800 μL de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo y sesenta microlitros del extracto para un tiempo de una hora, A_{control} absorbancia a 515 nm de 2800 μL de solución de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo y sesenta microlitros de agua desmineralizada para una hora.

En este procedimiento se realizó la curva de calibración como $\mu\text{mol/L}$ de equivalentes de Trolox en un rango de (50-500 $\mu\text{mol/L}$) para comparar los resultados del % DPPH.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- *Determinación del contenido fenólico total utilizando el método Folin-Ciocalteu*

Se utilizó 1 balón aforado con cien mililitros de capacidad en el que se añadieron 50 cm³ de agua desmineralizada, 1 cm³ de la muestra a evaluar y 5 mL de reactivo Folin-Ciocalteu (Berker et al., 2013; Blainski et al., 2013). Se dejó reposar en un tiempo de 5 min. Al completarse la reacción cuando se agregaron 20 mL de una solución de NaCO₃ (200 g/dm³) se enrasó con agua destilada. Posterior en condiciones normales con un tiempo de 30 min, se determinó la absorbancia de alícuotas a 750 nm.

Se estableció una comparación entre la absorbancia de las muestras y la absorbancia de una reacción de control con agua desmineralizada en lugar de extracto. Se emplearon diluciones de ácido gálico (10-200 mg/L) como referencia para la calibración.

Se construyó una curva de calibración con el propósito de expresar los resultados finales en miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de perejil (basado en masa).

- *Aplicación de los extractos de perejil en rodajas de manzana (Pyrus malus L.)*

La cuantificación y medición de la capacidad antipardeante *in vivo* y la evolución del color respectivamente se realizó el método de Valverdú (2018) el cual versa en la refrigeración y sumergimiento de rodajas de manzana (*Pyrus malus* L.) para distintos baños con 1 cm de grosor a 20 °C para un tiempo de 7 minutos:

- Agua desmineralizada (patrón comparativo)
- Extracto en solución acuosa (1:1)
- Extracto en solución alcohol etílico/agua (1:1)

Las rodajas fueron retiradas del baño al cumplirse el tiempo estipulado, se escurrieron y se conservaron en bolsas especiales (a base de polímeros como polietileno) se sellaron y se almacenaron a 4 °C.

Posteriormente se realizó una observación continua del cambio de color de las rodajas de manzana durante un período de veinticinco días. Posteriormente, se llevó a cabo un segundo experimento.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- *Seguimiento de la evolución del color*

Los extractos fueron preparados y se aplicaron a las rodajas de manzana. Cuando se realizó la inmersión del baño y se escurrieron, se colocaron dentro de tres bolsas de polímero (con una de las rodajas tomadas para el control, otras para las de la extracción con agua y la extracción EtOH/H₂O). Posteriormente, se tomaron las fotografías de las rodajas (Pathare et al., 2013)

7.6 Resumen de las variables o unidades de análisis

Tabla 2

Objetivos, variable, instrumentos y unidad de medida o cualificación utilizada en la investigación.

<i>Objetivo específico</i>	<i>Variable</i>	<i>Instrumentos</i>	<i>Unidad de medida o cualificación</i>
Determinar el rendimiento extractivo de perejil utilizando dos solventes hidroxílicos (agua y alcohol etílico).	Rendimiento de Extracción	Extracción sólido-líquido empleando solventes hidroxílicos (agua y alcohol etílico).	Porcentaje
Determinar el poder antioxidante y el total de compuestos fenólicos en los extractos de perejil.	Cantidad de fenoles GAE Actividad antioxidante Inhibición DPPH	Método del DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazil) Bobo García et al. (2015).	mg Gramos/perejil de masa seca μmol equivalentes de ácido gálico/g perejil Porcentaje
Aplicar los extractos de perejil en rodajas de manzana (<i>Pyrus malus</i> L.) para determinar su potencial antipardeante in vivo y cuantificar la variación del color en refrigeración.	Colorimetría	Espectrofotometría con el método de Valverdú (2018) y Mcllvaine.	CIE L*A*B
Determinar las variaciones de las propiedades sensoriales del producto mediante cuadro hedónico establecido.	Propiedades Sensoriales	Cuadro hedónico con panel de jueces no entrenados, test de Likert.	Conclusiones de panelistas test de Likert.

Nota. Elaboración propia



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

7.7 Procesamiento y análisis de la información.

Tiene un enfoque cuantitativo ya que los objetivos 1, 2, 3, y 4 se basaron en un análisis numérico para cumplir con los mismos. En el objetivo 5 el enfoque es cualitativo ya que se basa en la subjetividad de cada panelista.

8 Aspectos éticos y legales

No aplica

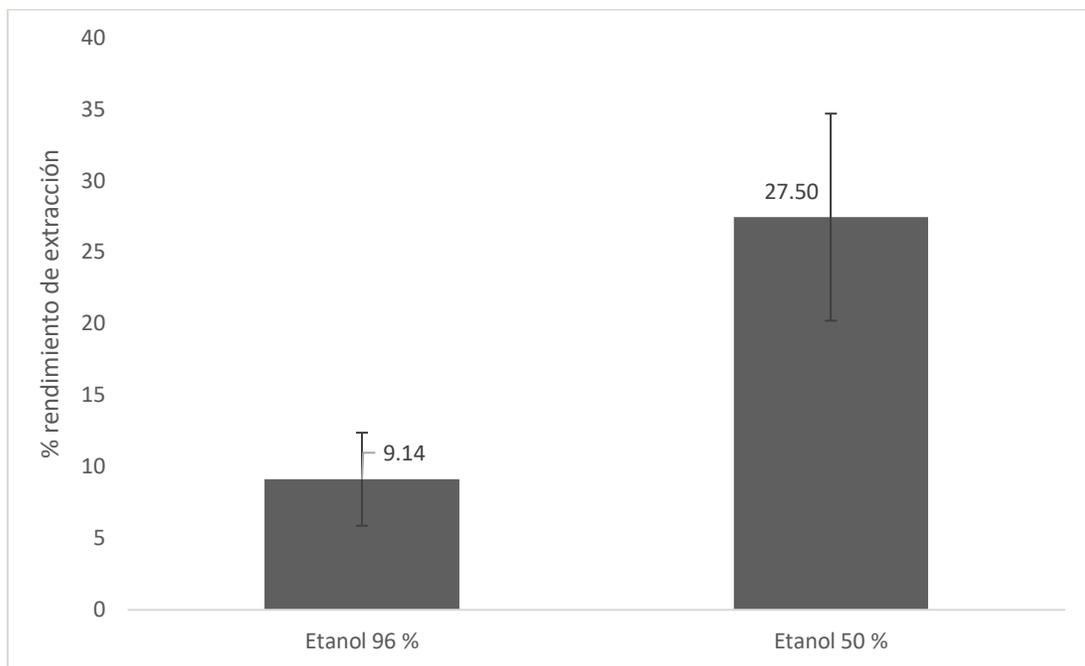
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

9 Resultados y discusión

Rendimiento extractivo del perejil (*Petroselinum crispum*) empleando dos solventes hidroxílicos

Figura 1

Rendimiento extractivo del perejil (*Petroselinum crispum*) utilizando alcohol etílico al 96% y 50% de concentración.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-

En la figura 1, el rendimiento extractivo del perejil (*Petroselinum crispum*) utilizando etanol al 50% fue significativamente mayor que con etanol al 96%, lo que sugiere que la presencia de agua facilita la solubilización de una mayor cantidad de compuestos. Sin embargo, desde el punto de vista químico, los polifenoles—compuestos clave en la actividad antioxidante e inhibitoria—tienen una mayor afinidad por el etanol que por el agua debido a su estructura química.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Los polifenoles poseen múltiples grupos hidroxilo (-OH) que pueden formar enlaces de hidrógeno con solventes polares. No obstante, su esqueleto aromático les confiere cierto grado de lipofilidad, lo que hace que el etanol (un solvente de polaridad intermedia) sea más eficiente en su solubilización que el agua, que es altamente polar (Dai & Mumper, 2010). En soluciones con mayor proporción de agua, se pueden extraer otros compuestos hidrofílicos, como carbohidratos y proteínas, lo que podría diluir la fracción de polifenoles en el extracto total (Sánchez-Rangel et al., 2013).

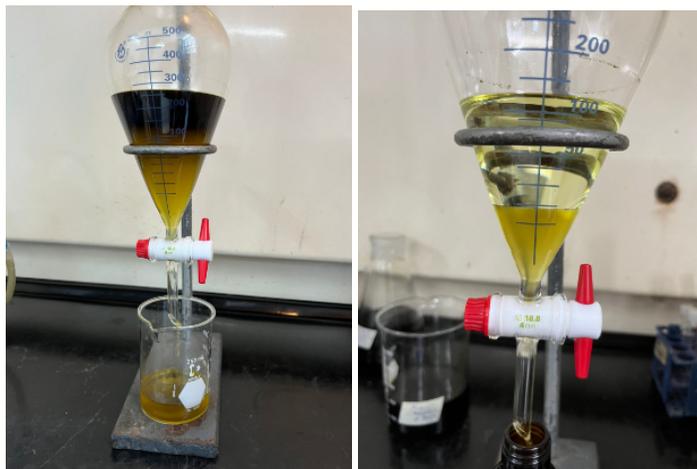
Además, la eficiencia de la extracción depende de la competencia entre la afinidad solvente-soluto y la capacidad del solvente para romper las interacciones entre los polifenoles y la matriz vegetal. Se ha reportado que mezclas de etanol-agua en concentraciones cercanas al 50-70% pueden ser óptimas para la extracción de polifenoles, ya que equilibran la solubilización de compuestos fenólicos sin extraer en exceso otros metabolitos (Cheynier, 2012).

Por lo tanto, aunque el etanol al 50% obtuvo un mayor rendimiento de extracción, esto no implica que la concentración de polifenoles sea superior, ya que la disolución de otros compuestos no deseados podría haber contribuido al aumento en el peso del extracto. En contraste, el etanol al 96% probablemente extrajo una fracción más selectiva de compuestos fenólicos, lo que podría justificar su uso cuando se busca una mayor concentración de principios activos.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 2

Extracción líquido – líquido de polifenoles de extracto de perejil empleando metanol y hexano.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

La Figura 2 muestra el proceso de extracción líquido-líquido utilizado para obtener los polifenoles del extracto de perejil mediante una serie eluotrópica. En este proceso, se emplearon solventes con diferentes polaridades, específicamente metanol, hexano y etanol, para mejorar la fracción polifenólica. Inicialmente, se utilizó metanol, un solvente hidrofílico que permite extraer los compuestos polares, como los polifenoles. Luego, el hexano, un solvente lipofílico, se utilizó para extraer compuestos menos polares. Finalmente, se empleó etanol como solvente intermedio, con una polaridad que ayuda a equilibrar la extracción y favorecer la obtención de una mayor concentración de los compuestos bioactivos.

Este enfoque de extracción, conocido como extracción líquido-líquido en una serie eluotrópica, permite una separación más eficiente de los compuestos fenólicos, maximizando su recuperación. La fase acuosa obtenida del metanol contiene los polifenoles solubles en agua, mientras que el hexano facilita la separación de los compuestos lipofílicos, resultando en un extracto más concentrado en los compuestos antioxidantes.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Actividad antioxidante y cantidad de fenoles totales de los Extractos de Perejil (*Petroselinum crispum*)

Tabla 3

Cantidad de fenoles y % inhibición de los dos tipos de extractos.

Parámetro Analizado	Tipo de extracción	Resultado
Cantidad de fenoles, mg GAE/g perejil (sobre ms)	H ₂ O/EtOH (50%)	6.24 ± 0.0624 ^a
	H ₂ O/EtOH (96%)	7.925 ± 0.1365 ^b
% inhibición $\mu\text{mol TE/g}$ perejil (sobre ms)	H ₂ O/EtOH (50%)	81.31 ± 0.4044 ^a
	H ₂ O/EtOH (96%)	89.96 ± 0.22 ^b

Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-, Diferentes letras indican diferencias significativas entre los 2 tipos de extracción en el parámetro analizado.

Los resultados de este estudio demuestran que la concentración de etanol en el solvente de extracción influye significativamente en la recuperación de compuestos antioxidantes. Se observó un incremento estadísticamente significativo en la cantidad de fenoles totales en los extractos obtenidos con H₂O/EtOH 96% en comparación con H₂O/EtOH 50% ($p = 0.00045$), lo que sugiere que una mayor proporción de etanol favorece la extracción de compuestos fenólicos menos polares. Asimismo, la actividad antioxidante mostró un aumento significativo en la extracción con H₂O/EtOH 96% ($p = 5.08 \times 10^{-5}$), indicando que este sistema permite la recuperación de compuestos con mayor capacidad para inhibir radicales libres. Sin embargo, el incremento en la actividad antioxidante no fue proporcional al aumento en la cantidad de fenoles totales, lo que sugiere la presencia de otros compuestos bioactivos con actividad antioxidante, como flavonoides, tocoferoles y terpenoides.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Al comparar estos hallazgos con estudios previos, se observan discrepancias en la cantidad de fenoles totales y en la actividad antioxidante reportada. Por ejemplo, Sahar M. (2014) encontró una mayor cantidad de fenoles totales en extractos sin calentar y con calentamiento breve (1 minuto), pero observó una reducción significativa cuando el calentamiento fue prolongado (2-3 minutos).

Esto sugiere que la temperatura de extracción puede afectar la estabilidad de los compuestos fenólicos, lo que explicaría la variabilidad en los valores reportados en la literatura. Además, estudios como el de Al-Juhaimi & Ghafoor (2011), que utilizaron dietil éter como solvente, obtuvieron valores de fenoles totales de 12.2 mg GAE/g de perejil seco, superiores a los encontrados en este estudio.

No obstante, la comparación directa es limitada, ya que la relación perejil/solvente empleada en el presente estudio fue de 1/6, mientras que en el estudio de Al-Juhaimi & Ghafoor se utilizó una relación 1/10, lo que podría haber influido en la eficiencia de extracción.

Por otro lado, los resultados del estudio de Marín et al. (2016) sobre el aceite esencial de perejil ecológico comercial muestran valores de fenoles totales de 0.34 mg GAE/mL, con actividades antioxidantes que varían entre 28.87% y 64.28%, dependiendo de la dilución. Estos valores son inferiores a los obtenidos en el presente estudio, lo que sugiere que la fracción volátil del aceite esencial de perejil contiene una menor proporción de compuestos antioxidantes en comparación con los extractos hidroalcohólicos.

Desde un punto de vista mecanístico, la actividad antioxidante de los extractos de perejil puede explicarse a través de los mecanismos de transferencia de átomos de hidrógeno (HAT) y transferencia de electrones (SET), los cuales ocurren de forma simultánea en una muestra (Prior, Wu & Schaich, 2005). El método del DPPH utilizado en este estudio se clasifica principalmente como un ensayo SET, aunque también pueden ocurrir reacciones de HAT de manera secundaria (Shahidi & Zhong, 2015).



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Esto significa que los compuestos antioxidantes presentes en los extractos pueden neutralizar los radicales libres tanto donando electrones (SET) como cediendo átomos de hidrógeno (HAT).

La presencia de compuestos fenólicos sugiere que la inhibición de radicales libres ocurre principalmente mediante la cesión de electrones desde los grupos hidroxilo fenólicos. Sin embargo, el hecho de que la actividad antioxidante no esté exclusivamente correlacionada con la cantidad de fenoles indica que otros antioxidantes, posiblemente de naturaleza lipofílica (como flavonoides, tocoferoles o terpenoides), también están contribuyendo al efecto observado. Esto resalta la complejidad de los mecanismos antioxidantes y la importancia de considerar múltiples compuestos bioactivos en la evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos vegetales.

En términos de aplicación, los resultados respaldan el uso de los extractos de perejil como potenciales agentes antipardeantes en productos mínimamente procesados (PMP), dado que presentan una alta actividad antioxidante. No obstante, es importante considerar que los antioxidantes pueden comportarse de manera distinta frente a diferentes radicales u oxidantes, como lo han reportado Prior, Wu y Schaich (2005). De hecho, se ha observado que ciertos extractos vegetales pueden inhibir la polifenol oxidasa (PPO) en algunos sistemas, mientras que en otros pueden potenciar su actividad. Este fenómeno es relevante para aplicaciones en la conservación de alimentos, ya que la inhibición de la PPO es fundamental para reducir el pardeamiento enzimático.

Los resultados obtenidos a partir de la prueba de Tukey ($p < 0.05$) indicaron que el extracto obtenido con etanol al 96% presentó una inhibición del DPPH significativamente mayor en comparación con el extracto al 50%. Esto se puede explicar por la mayor afinidad de los polifenoles con solventes menos polares, lo que facilita la extracción de compuestos con mayor actividad antioxidante.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

La solubilidad de los polifenoles, que son compuestos típicamente no polares, se ve favorecida en solventes con una menor polaridad, como el etanol al 96%. Esta mayor concentración de polifenoles en el extracto de etanol al 96% es consistente con estudios previos que evidencian que la pureza del etanol juega un papel crucial en la extracción selectiva de metabolitos con capacidad antioxidante.

Cuando la pureza del etanol es mayor, el solvente tiene menos interacción con componentes solubles en agua, lo que permite una extracción más selectiva de compuestos fenólicos con mayor capacidad antioxidante. Además, en la cuantificación de polifenoles mediante el método de Folin-Ciocalteu, la prueba de Tukey reveló diferencias significativas ($p < 0.05$), con el extracto de etanol al 96% mostrando la mayor concentración de polifenoles. Este resultado confirma que los polifenoles tienen mayor solubilidad en medios orgánicos con menor contenido de agua, lo que favorece su extracción y estabilidad.

La menor proporción de agua en el solvente ayuda a minimizar la hidrólisis y degradación de estos compuestos, lo que es particularmente importante para mantener sus propiedades antioxidantes a lo largo del tiempo. La solución de etanol al 96%, debido a su naturaleza menos polar en comparación con la mezcla de etanol al 50%, es más eficaz en la extracción y conservación de estos polifenoles bioactivos.

Estos hallazgos están alineados con la teoría de que los solventes con menor contenido de agua pueden extraer de manera más eficaz compuestos bioactivos como los polifenoles, lo que asegura una recuperación óptima y estabilidad del extracto a lo largo del tiempo.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

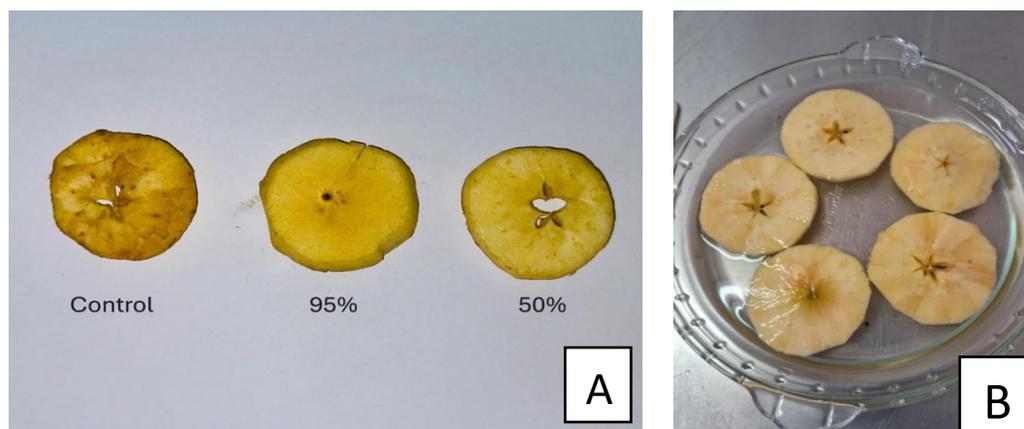
Evaluación de la capacidad antipardeante *in vivo* de los extractos de perejil (*Petrocelinum crispum*) en rodajas de manzana (*Pyrus malus* L.): Seguimiento colorimétrico.

En el análisis del color de las rodajas de manzana mínimamente procesadas, se realizó un seguimiento *in vivo* a lo largo del tiempo, calculando los valores promedio en el espacio de color CIELab (L^* , a^* y b^*). El objetivo principal de un tratamiento antipardeante es mantener los parámetros cromáticos del alimento lo más estables posible durante el periodo de almacenamiento, minimizando las variaciones en los valores de ΔL , Δa^* y Δb^* . Estos cambios se observan como indicadores de la degradación del color, siendo esenciales para evaluar la efectividad del tratamiento en la conservación de la apariencia visual de los productos.

A continuación, se detallan los valores promedio obtenidos para los tres componentes principales del espacio CIELab: L^* (luminosidad), a^* (croma en el eje rojo-verde) y b^* (croma en el eje amarillo-azul). Estos valores son cruciales para evaluar la estabilidad del color durante el almacenamiento y la efectividad de los extractos utilizados en el tratamiento antipardeante.

Figura 2

Rodajas de manzana inmersas en los extractos de perejil al 50%, 96%, además del control.



Nota. A: Comportamiento del pardeamiento en manzanas. B: Inmersión de la manzanas. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

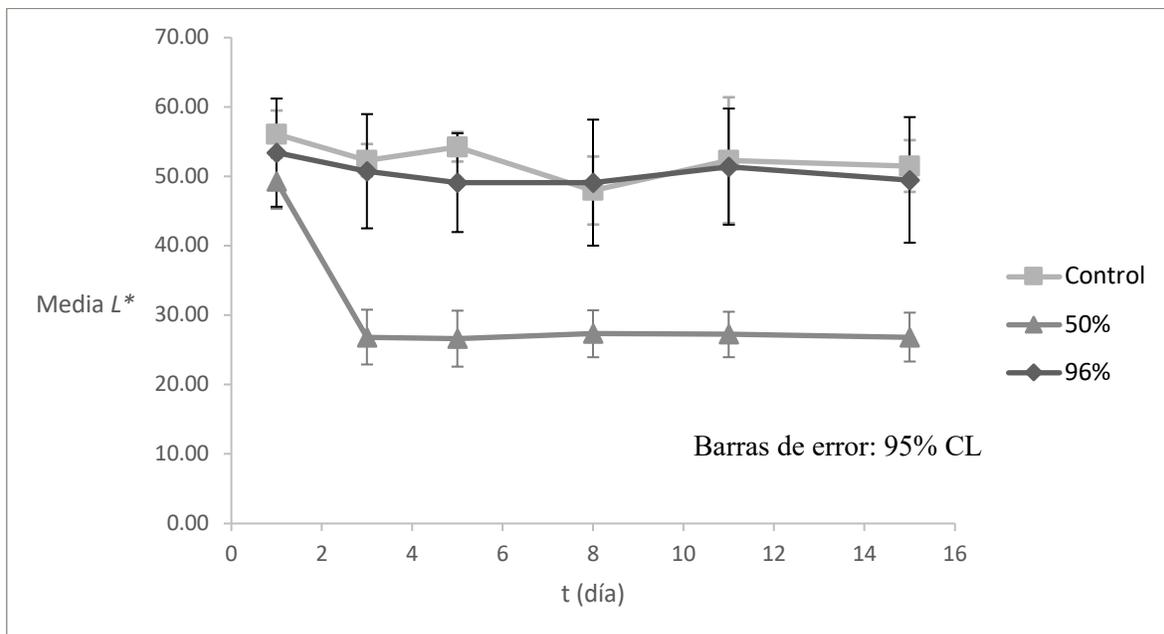
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

La Figura 2 ilustra claramente las diferencias en la intensidad del pardeamiento entre las rodajas de manzana tratadas con diferentes concentraciones de extracto de perejil y el control. Las rodajas de manzana tratadas con el extracto de perejil al 96% presentan una apariencia significativamente menos oscurecida que las del grupo control, que muestran un pardeamiento más evidente, probablemente debido a la actividad de la polifenol oxidasa, que no fue inhibida por ningún tratamiento.

Por otro lado, el tratamiento con extracto al 50% muestra una ligera reducción en el oscurecimiento, pero no tan marcada como el extracto al 96%, sugiriendo que una mayor concentración de etanol en la solución de extracción mejora la capacidad antioxidante del perejil, reduciendo más efectivamente el pardeamiento enzimático. Estos resultados evidencian la capacidad del extracto de perejil para mitigar los efectos indeseados del pardeamiento, lo que es relevante para su posible aplicación como conservante natural en productos mínimamente procesados, como las rodajas de manzana.

Figura 3

Evolución de la Luminosidad de las rodajas de manzana (Pyrus malus) mínimamente procesada.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

El parámetro L^* representa la luminosidad del producto, donde valores altos indican un color más claro y valores bajos un color más oscuro. En la Figura 3 se observa la evolución de la luminosidad a lo largo del experimento para los tres tratamientos: control, extracto con 50% de etanol y extracto con 96% de etanol.

El día 0, los valores iniciales de L^* fueron similares en el control y en el tratamiento con 96% de etanol, mientras que en el tratamiento con 50% de etanol la luminosidad fue ligeramente menor. Durante los primeros días, se observó una disminución drástica en la luminosidad de las muestras tratadas con 50% de etanol, alcanzando valores significativamente más bajos que en los otros tratamientos. Esto sugiere que la aplicación de este extracto no logró mantener la estabilidad del color y pudo haber acelerado el pardeamiento enzimático o reacciones oxidativas en la superficie del producto.

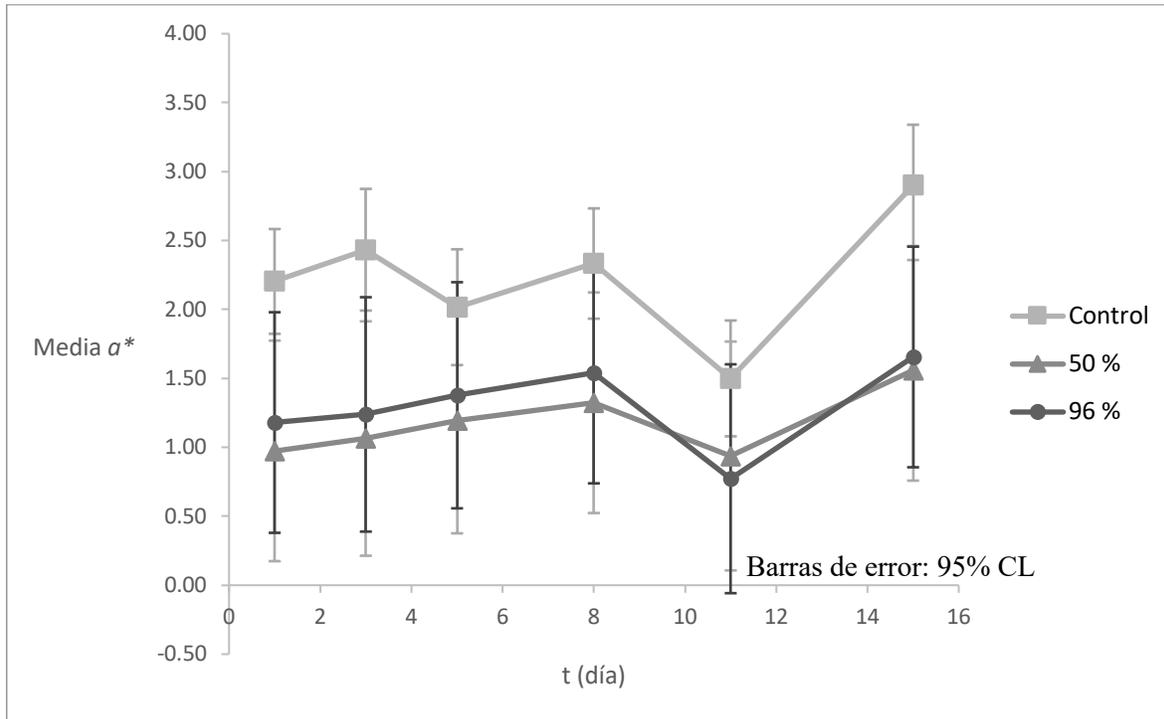
En el tratamiento con 96% de etanol, la luminosidad se mantuvo relativamente estable a lo largo del tiempo, con una tendencia similar al control. Esto indica que la aplicación del extracto con mayor concentración de etanol ayudó a conservar el color más claro del producto, posiblemente debido a una mejor preservación de compuestos antioxidantes.

A partir del día 7, las diferencias en la luminosidad entre los tratamientos fueron menos pronunciadas, lo que sugiere que la mayor parte del cambio de color ocurrió en los primeros días del experimento. Sin embargo, las muestras tratadas con 50% de etanol continuaron mostrando valores significativamente menores de L^* , lo que confirma que este tratamiento fue menos efectivo para retardar el oscurecimiento del producto.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 4

Evolución del parámetro a^ de las rodajas de manzana (*Pyrus malus*) mínimamente procesada.*



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -*Liexve*-

El parámetro a^* representa la tendencia del color en la escala verde-rojo, donde valores positivos indican una mayor presencia de tonos rojizos y valores negativos corresponden a tonos verdosos (Konica Minolta, n.d.). En la Figura 4 se observa la evolución del parámetro a^* a lo largo del experimento para los tres tratamientos: control, extracto con 50% de etanol y extracto con 96% de etanol.

El día 0, los valores de a^* fueron similares entre los tratamientos, con un ligero predominio de tonos rojizos en el control. Durante los primeros días, se observó un incremento gradual en a^* en las muestras tratadas con extractos de 50% y 96% de etanol, lo que indica que los extractos ayudaron a reducir la tendencia al pardeamiento verdoso.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Sin embargo, en el control, la variabilidad de a^* fue mayor, con fluctuaciones a lo largo del tiempo.

A partir del día 8, se observó una ligera disminución en el valor de a en los tres tratamientos, con una tendencia más pronunciada en el control, lo que sugiere que el producto sin tratamiento experimentó una mayor degradación del color. Este fenómeno puede explicarse por el efecto natural de oxidación que ocurre en frutas mínimamente procesadas, especialmente cuando no se aplican antioxidantes. En contraste, las muestras tratadas con extractos mantuvieron los valores de a más estables a lo largo del tiempo. En particular, el extracto con etanol al 96% demostró una mayor eficacia, lo que indica que este tratamiento pudo retardar significativamente el proceso de pardeamiento.

A partir del día 12, los valores de a comenzaron a incrementarse nuevamente en todos los tratamientos, lo que podría estar relacionado con una oxidación progresiva de los compuestos responsables del color, como los antocianos o carotenoides. Esta tendencia es común en productos vegetales almacenados, ya que, a medida que los antioxidantes presentes en los extractos disminuyen, la oxidación de los pigmentos se acelera. No obstante, las muestras tratadas con extracto de 96% de etanol presentaron valores de a más bajos en comparación con el control, lo que sugiere que el extracto continuó protegiendo el color durante el período de almacenamiento.

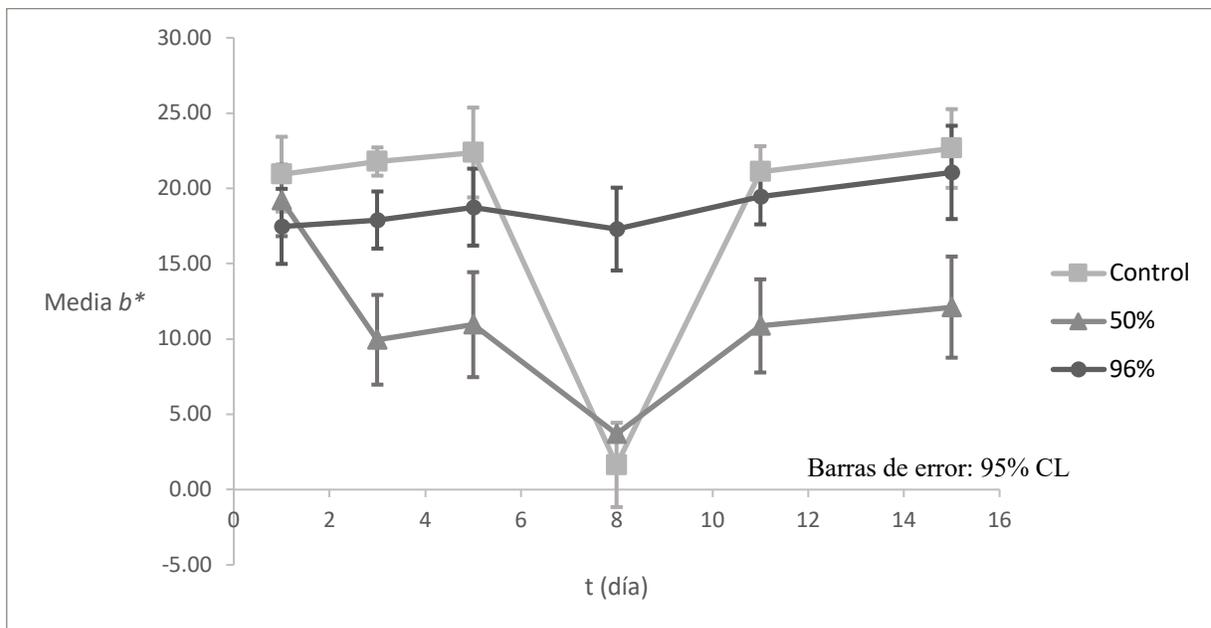
Estos resultados están en línea con investigaciones previas que han demostrado que los extractos ricos en compuestos fenólicos, como los obtenidos del perejil, pueden inhibir la oxidación de los pigmentos responsables del color en productos vegetales. Esto se debe a la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos, los cuales actúan como protectores frente a la acción de los radicales libres y otros factores que inducen la oxidación. Además, la diferencia observada entre los tratamientos con 50% y 96% de etanol sugiere que una mayor concentración de etanol favorece la preservación del color, lo que puede estar relacionado con una mejor solubilización de antioxidantes lipofílicos.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Estos antioxidantes, que son más solubles en etanol, podrían haber contribuido de manera más efectiva a la estabilización del color durante el almacenamiento de las manzanas mínimamente procesadas.

Figura 5

Evolución del parámetro b^ de las rodajas de manzana (*Pyrus malus*) mínimamente procesada.*



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -*Liexve*-

El parámetro b^* representa la coordenada de color que indica la intensidad del tono amarillo en un sistema, donde valores más altos corresponden a colores más amarillos y valores más bajos reflejan una pérdida de esta tonalidad. Su variación a lo largo del tiempo permite evaluar cambios en la estabilidad del color bajo diferentes condiciones.

En la figura 5, se observa que los valores iniciales de b son mayores en el grupo Control y en el tratamiento con 96% de etanol, lo que indica que en estos grupos el color inicial es más brillante o amarillo. En cambio, el tratamiento con 50% de etanol muestra una disminución más pronunciada en b en los primeros días, sugiriendo una mayor tendencia



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

hacia la pérdida de color amarillo y un cambio hacia tonalidades más opacas o menos saturadas. A medida que transcurre el tiempo, todas las curvas experimentan una caída en b , alcanzando su punto más bajo alrededor del día 8. Sin embargo, las curvas del Control y del 50% convergen en este punto, lo que indica que ambos tratamientos siguen un patrón similar en la pérdida de color.

Por otro lado, el tratamiento con 96% de etanol sigue un patrón distinto, ya que mantiene valores más altos de b y no alcanza la misma profundidad en la caída, sugiriendo que este tratamiento ofrece una mejor protección contra la degradación del color. Este comportamiento diferencial en las curvas indica que el tratamiento al 96% de etanol tiene un efecto significativo en la estabilidad del color de las rodajas de manzana, retrasando o limitando el proceso de degradación del color que afecta a los otros grupos. La mayor estabilidad en el color observada en el tratamiento con etanol al 96% podría estar relacionada con la mayor solubilidad y eficacia de los compuestos antioxidantes en un medio de mayor concentración de etanol, lo que reduce la actividad enzimática y los efectos oxidativos.

La posterior recuperación del color también es más pronunciada en el Control y en el 96%, lo que sugiere que la oxigenación o el proceso de almacenamiento están influyendo en los mecanismos de regeneración del color. Por otro lado, el 50% muestra una recuperación más lenta, lo que podría indicar que la menor concentración de etanol no es tan efectiva para mitigar la oxidación y degradación de los compuestos responsables del color.

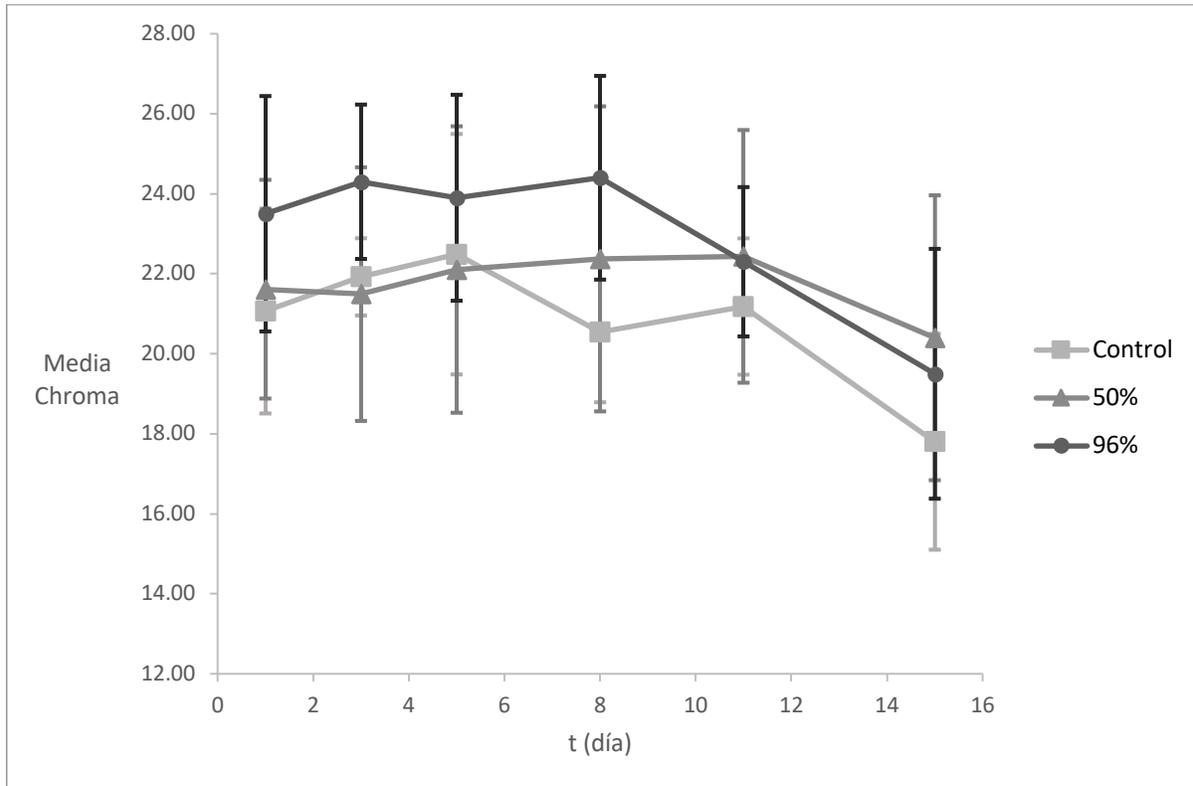
Finalmente, la convergencia de las curvas del Control y el 50% en el mínimo podría indicar que ambos tratamientos están sujetos a un fenómeno común de degradación temporal del color, mientras que el tratamiento al 96% se comporta de manera distinta, sugiriendo que sus propiedades antioxidantes ofrecen una mayor estabilidad frente a este fenómeno.

Esta diferencia en los tratamientos subraya la importancia de la concentración de etanol para la preservación de las propiedades visuales de los productos mínimamente procesados.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 6

Evolución del parámetro Media chroma de las rodajas de manzana (Pyrus malus) mínimamente procesada.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-

El croma (C) es un parámetro que cuantifica la intensidad del color, proporcionando información sobre la vivacidad o saturación de las tonalidades de un objeto. Un valor alto de croma indica colores más brillantes y saturados, mientras que valores más bajos reflejan una pérdida de intensidad cromática, lo que se traduce en una apariencia más opaca o desaturada. A través de la medición del croma a lo largo del tiempo, es posible evaluar la estabilidad del color en los productos durante su almacenamiento, lo cual es esencial en el caso de productos frutales mínimamente procesados, como las rodajas de manzana.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

En la figura 6 se observa que al inicio del experimento, las rodajas tratadas con el extracto de 96% de etanol (EtOH) presentan los valores más altos de croma, lo que indica una mayor intensidad de color en comparación con las rodajas tratadas con 50% de etanol y el control. A medida que transcurre el tiempo, las muestras tratadas con 96% EtOH mantienen un valor de croma relativamente estable, con una ligera disminución a partir del día 10. Este comportamiento sugiere que el tratamiento con 96% EtOH tiene un efecto estabilizador sobre el color, ayudando a mantener la saturación cromática por más tiempo.

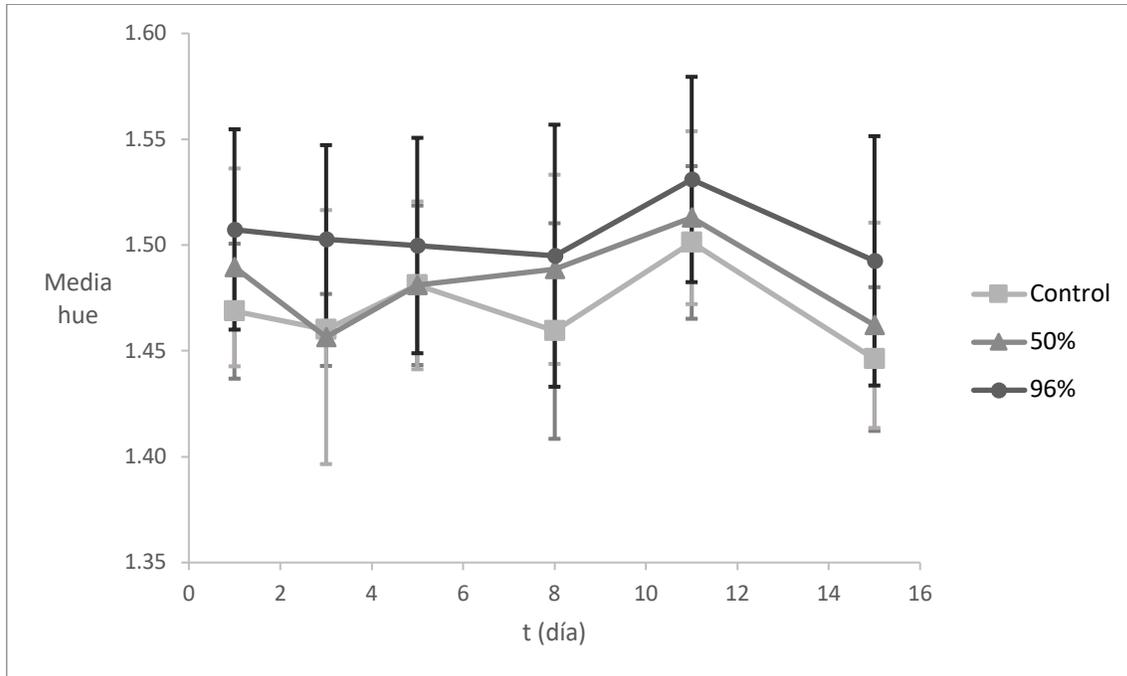
En contraste, las muestras tratadas con 50% EtOH muestran una ligera tendencia a un incremento moderado en los primeros días hasta el día 6, seguido de una estabilización, y luego una leve disminución de la intensidad del color. Por otro lado, el grupo control, que no recibió tratamiento antioxidante, experimenta una caída más pronunciada en su croma a partir del día 8, reflejando una pérdida progresiva de la saturación del color. Esto indica que el tratamiento con 50% EtOH ofrece una estabilización temporal, pero no tan efectiva como el tratamiento con 96% EtOH.

Estos resultados sugieren que el uso de extractos de perejil en etanol al 96% es más eficaz para preservar la intensidad del color de las rodajas de manzana mínimamente procesadas a lo largo del tiempo. La mayor estabilidad observada con este tratamiento resalta su capacidad para retardar la pérdida de croma en comparación con los otros tratamientos, especialmente el control, que sin tratamiento antioxidante muestra la mayor disminución en la intensidad del color.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 7

Evolución del parámetro Media hue de las rodajas de manzana (Pyrus malus) mínimamente procesada.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -*Liexve*-

El parámetro *hue* es utilizado para representar la tonalidad del color en un espacio perceptual, proporcionando información sobre la percepción visual del color con el paso del tiempo. En términos generales, valores más altos de *hue* indican una mayor estabilidad en la tonalidad, mientras que valores más bajos pueden reflejar una tendencia hacia colores menos intensos o incluso un desvío hacia el pardeamiento. El monitoreo de este parámetro es crucial para evaluar la preservación del color en productos como las rodajas de manzana mínimamente procesadas.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

En la figura 7, los valores iniciales de *hue* son similares en las tres condiciones (Control, 50% y 96% EtOH), aunque el tratamiento con 96% EtOH muestra una ligera ventaja en términos de estabilidad cromática desde el principio.

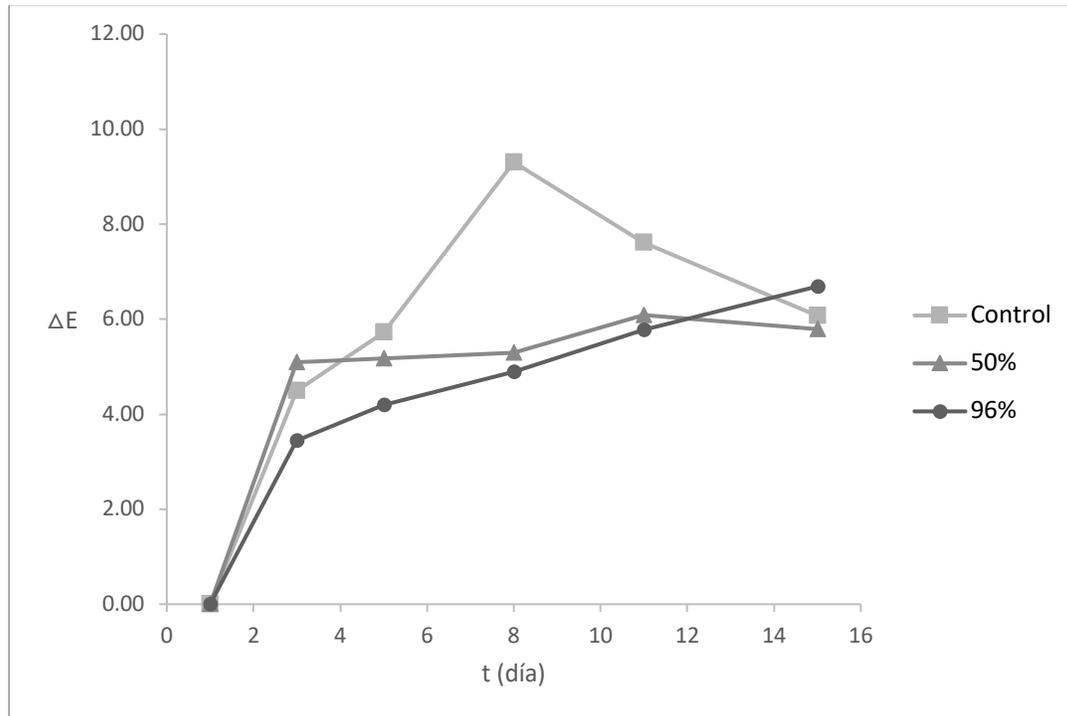
Durante los primeros días, todos los tratamientos experimentan ligeras fluctuaciones, pero el tratamiento con 50% EtOH muestra una mayor variabilidad en sus valores de *hue*, mientras que el control y el tratamiento con 96% EtOH mantienen valores más consistentes. Esta tendencia sugiere que los extractos de perejil actúan de forma más efectiva en estabilizar la tonalidad del color, especialmente en el caso del 96% de etanol.

A partir del día 8, se observa un aumento general en los valores de *hue* para todos los tratamientos, alcanzando un pico alrededor del día 12. Esto podría indicar una mejora temporal en la estabilidad del color, posiblemente debido a la capacidad antioxidante de los extractos, que mitigan las reacciones oxidativas. Sin embargo, después de este punto, todos los tratamientos muestran una disminución en los valores de *hue*, con el control mostrando la mayor reducción. Este comportamiento sugiere que las muestras sin tratamiento antioxidante experimentan una mayor alteración en la tonalidad del color a medida que avanza el tiempo, lo que implica una mayor susceptibilidad al pardeamiento. En comparación, el tratamiento con 96% EtOH muestra la mayor estabilidad en la tonalidad del color, mientras que el tratamiento con 50% EtOH ofrece una estabilidad intermedia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 8

*Evolución de la diferencia total de color de las rodajas de manzana (*Pyrus malus*) mínimamente procesada.*



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -*Liexve*-

El parámetro ΔE^* mide la diferencia total de color, reflejando los cambios en los valores L^* , a^* y b^* de una muestra con respecto a su color inicial a lo largo del tiempo. Un valor elevado de ΔE^* implica una mayor alteración en la percepción del color, lo que se traduce en un mayor grado de pardeamiento o modificación de las características cromáticas del producto. Este parámetro es esencial para evaluar la efectividad de los tratamientos aplicados, ya que permite cuantificar la estabilidad del color en productos como las rodajas de manzana mínimamente procesadas.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

En la figura 8, los resultados muestran un aumento notable de ΔE^* en los primeros días para todas las muestras, lo que indica una rápida alteración del color tras el procesamiento inicial. Sin embargo, a partir del día 4, se empiezan a evidenciar las diferencias entre los tratamientos. El control, que no recibió tratamiento, presentó el mayor aumento de ΔE^* , alcanzando su punto máximo alrededor del día 8, lo que sugiere que las rodajas de manzana sin tratamiento antioxidante sufrieron una mayor degradación del color. Por otro lado, el tratamiento con 50% de etanol (EtOH) presentó una variabilidad más baja en ΔE^* , con un incremento más moderado y valores significativamente menores que el control, lo que indica que este tratamiento ayudó a preservar mejor el color.

El tratamiento con 96% EtOH mostró la menor diferencia total de color, lo que sugiere que es el tratamiento más efectivo para mantener la estabilidad cromática de las rodajas de manzana a lo largo del tiempo, protegiendo eficazmente el color contra el pardeamiento y la oxidación, con una tendencia de alteración más gradual en comparación con los otros tratamientos.

Evaluación de las propiedades sensoriales del producto mediante cuadro hedónico con jueces no entrenados.

El análisis sensorial del producto se realizó mediante un cuadro hedónico, en el cual se contó con la participación de 20 jueces no entrenados. Este enfoque permitió obtener una evaluación más representativa de las percepciones sensoriales que los consumidores pueden experimentar al probar las rodajas de manzana mínimamente procesadas. Para ello, se diseñaron formatos específicos que incluían los atributos sensoriales a evaluar, tales como color, textura, aroma y aspectos globales que influyen en la aceptación del producto.

El cuadro hedónico permitió que los jueces calificaran cada atributo en una escala de 1 a 9, donde 1 indicaba una evaluación negativa y 9 una evaluación extremadamente positiva. De esta manera, se buscó obtener un análisis de las características organolépticas del

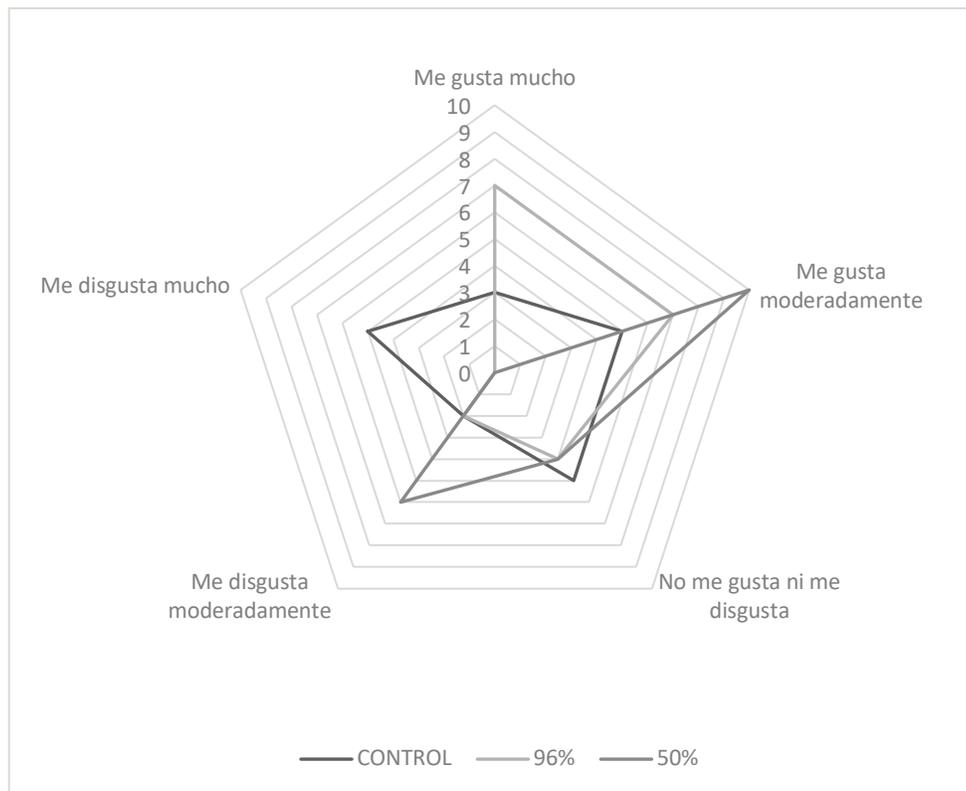
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

producto a lo largo del tiempo, permitiendo determinar la aceptación de las rodajas de manzana tratadas con los diferentes extractos y concentraciones de etanol.

Este tipo de evaluación es fundamental para comprender el impacto de los tratamientos aplicados en la calidad sensorial percibida por los consumidores y determinar la viabilidad comercial del producto.

Figura 9

Análisis sensorial del color de las rodajas de manzana (Pyrus malus) mediante cuadro hedónico con jueces no entrenados.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-

El análisis sensorial (figura 9) muestra diferencias en la aceptación visual entre los tratamientos evaluados. Se observa que la muestra tratada con etanol al 50% presentó una mayor proporción de respuestas en la categoría "Me gusta moderadamente", lo que sugiere

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

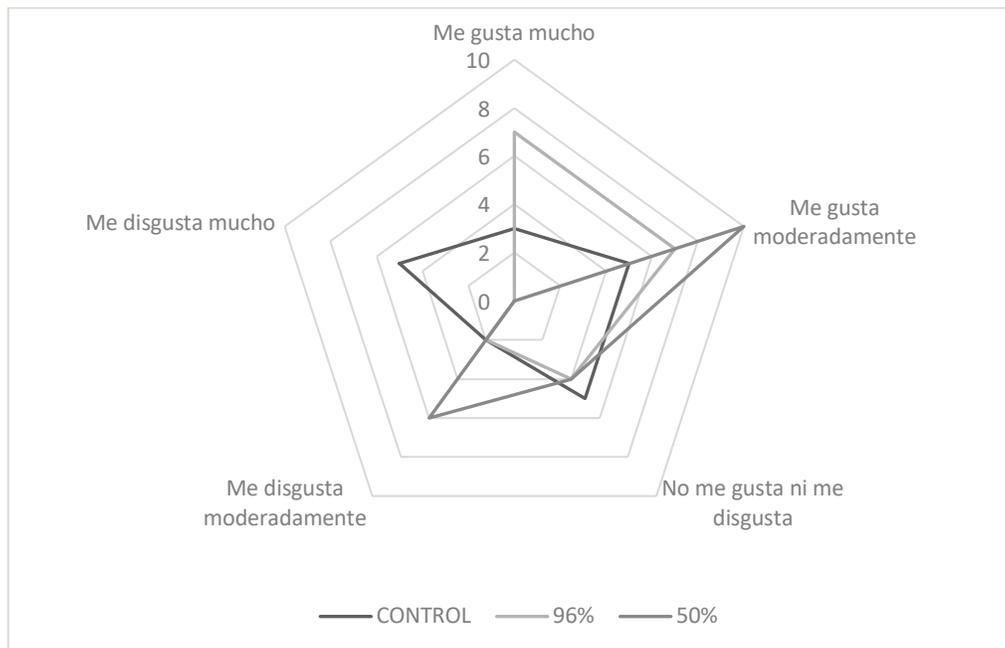
que esta formulación logró mantener una apariencia visual más atractiva en comparación con las demás.

Por otro lado, el tratamiento con etanol al 96% mostró una distribución más dispersa de respuestas, con tendencia a la categoría "No me gusta ni me disgusta", lo que indica que si bien este tratamiento pudo mitigar el pardeamiento, no mejoró significativamente la percepción visual del producto.

En contraste, la muestra control mostró una mayor presencia en las categorías de "Me disgusta moderadamente" y "Me disgusta mucho", evidenciando que el proceso de pardeamiento sin la aplicación de extractos redujo la aceptación sensorial del producto. Estos resultados sugieren que la concentración de etanol en la extracción influye en la apariencia final del alimento, siendo el extracto al 50% más efectivo para preservar un color visualmente aceptable en productos mínimamente procesados.

Figura 10

Análisis sensorial del color de las rodajas de manzana (Pyrus malus) mediante cuadro hedónico con jueces no entrenados.

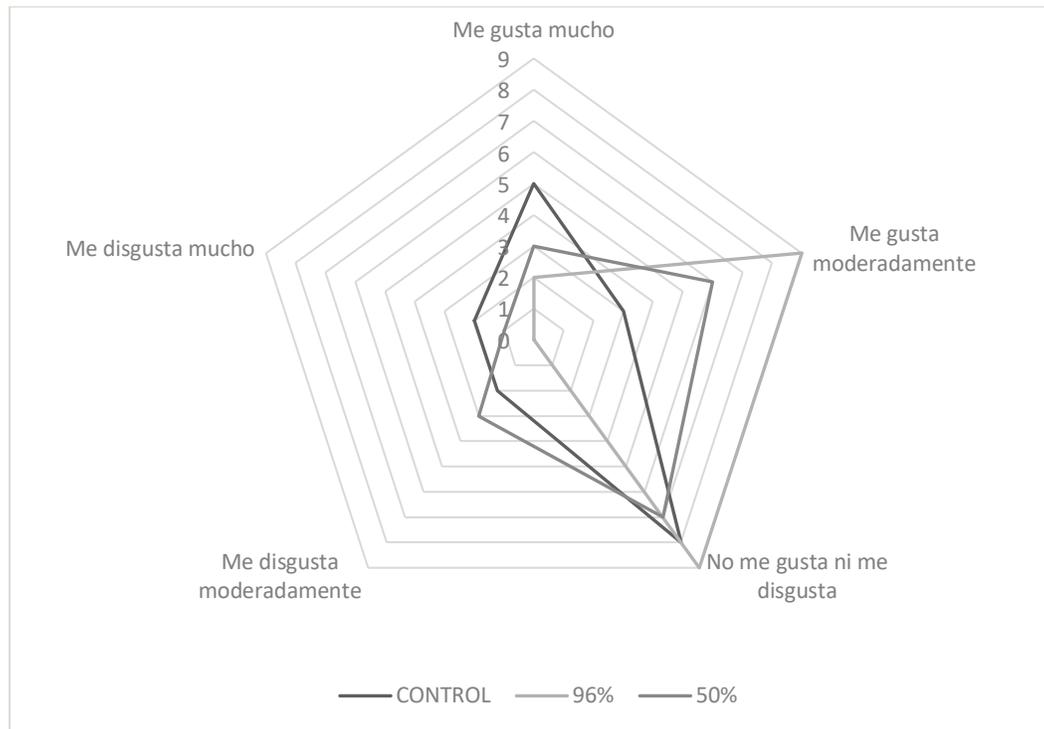


Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Lixve-

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 11

Análisis sensorial del aroma de las rodajas de manzana (Pyrus malus) mediante cuadro hedónico con jueces no entrenados.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-

El análisis sensorial del aroma (Figura 8) revela diferencias en la percepción hedónica entre los tratamientos. La muestra control presenta una distribución más dispersa entre "No me gusta ni me disgusta" y "Me gusta moderadamente", lo que indica que su aroma no generó una aceptación clara entre los jueces. En contraste, la muestra tratada con etanol al 50% muestra una tendencia hacia la categoría de "No me gusta ni me disgusta", lo que sugiere que el tratamiento no aportó una mejora significativa en la percepción del aroma. Por otro lado, la muestra con etanol al 96% tuvo una mayor proporción de evaluaciones en las categorías negativas, reflejando una menor aceptación del aroma en comparación con los otros tratamientos.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Estos resultados sugieren que la aplicación de extractos con etanol al 50% y 96% pudo alterar los compuestos volátiles responsables del aroma característico de la manzana, posiblemente debido a la extracción de compuestos con notas aromáticas menos atractivas o incluso la pérdida de algunos volátiles clave. La menor aceptación de la muestra tratada con etanol al 96% podría estar relacionada con la presencia de compuestos de menor volatilidad o incluso con una alteración en la percepción sensorial del aroma debido a la composición química del extracto aplicado.

Figura 12

Análisis sensorial de la consistencia de las rodajas de manzana (Pyrus malus) mediante cuadro hedónico con jueces no entrenados.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

El análisis sensorial de la consistencia de las rodajas de manzana (*Pyrus malus*) se llevó a cabo mediante un cuadro hedónico con jueces no entrenados, como se muestra en la Figura 12. Se observó que la muestra control, que no recibió tratamiento antioxidante, presentó una mayor dispersión en las respuestas.

Las valoraciones variaron desde "No me gusta ni me disgusta" hasta "Me gusta moderadamente", lo que indica que el control no logró una aceptación uniforme en cuanto a la textura del producto. Este comportamiento sugiere que las rodajas de manzana sin tratamiento podrían haber presentado una textura menos estable durante el almacenamiento.

En contraste, la muestra tratada con etanol al 50% obtuvo evaluaciones más concentradas en la categoría "Me gusta moderadamente", indicando una mejor aceptación sensorial en términos de textura. Este patrón sugiere que el tratamiento con etanol al 50% favorece la preservación de una textura más agradable, probablemente debido a un equilibrio adecuado en la extracción de compuestos que contribuyen a la firmeza de la fruta. Este tratamiento podría haber mantenido una mejor integridad de la estructura celular, lo que llevó a una mayor percepción de calidad en la textura por parte de los jueces no entrenados.

Por otro lado, el tratamiento con etanol al 96% mostró respuestas sensoriales menos favorables, con una mayor proporción de evaluaciones en las categorías de menor agrado. Esto podría indicar que la concentración más alta de etanol alteró la estructura de la matriz celular de las rodajas de manzana, provocando cambios en la consistencia que fueron percibidos negativamente por los jueces. Es posible que la extracción con etanol al 96% haya comprometido las características de la textura, afectando su rigidez o generando pérdida de turgencia en las rodajas, lo que resultó en una menor aceptación de la consistencia. Estos resultados resaltan cómo el tipo de solvente utilizado en la extracción influye directamente en la textura sensorial del producto, lo que es fundamental para la aceptación del consumidor.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 13

*Análisis sensorial del aspecto global de las rodajas de manzana (*Pyrus malus*) mediante cuadro hedónico con jueces no entrenados.*



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -*Liexve*-

La figura muestra el análisis sensorial de la consistencia de las rodajas de manzana (*Pyrus malus*) mediante un cuadro hedónico con jueces no entrenados. Se observa que la muestra control obtuvo una mayor dispersión en las valoraciones, con algunos jueces calificándola en el rango de "Me gusta mucho", mientras que otros la ubicaron en niveles más bajos. La muestra tratada con etanol al 50% se concentró en la categoría de "Me gusta moderadamente", lo que indica una mejor percepción de la textura en comparación con el control.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

En contraste, la muestra con etanol al 96% presentó una tendencia hacia evaluaciones más bajas, con una mayor proporción de respuestas en "No me gusta ni me disgusta", lo que sugiere una menor aceptación.

Estos resultados sugieren que el tipo de extracción influye en la percepción de la textura del producto final. El tratamiento con etanol al 50% parece haber preservado mejor la firmeza de la fruta, mientras que el etanol al 96% pudo haber afectado la estructura celular, disminuyendo su consistencia y, por lo tanto, su aceptación. Esta diferencia podría estar relacionada con la solubilidad diferencial de los compuestos estructurales de la manzana en los diferentes solventes utilizados.

El análisis de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en la percepción sensorial de las rodajas de manzana entre los tratamientos. Las muestras tratadas con el extracto de etanol al 50% fueron mejor valoradas en atributos como aroma y textura, lo que indica que la menor concentración de etanol favorece la percepción sensorial positiva. Sin embargo, el extracto de etanol al 96% presentó un efecto más pronunciado en la reducción del pardeamiento, lo que sugiere un balance entre efectividad antioxidante y aceptación sensorial.

10 Propiedad intelectual

Con los resultados que se obtuvieron de la fase experimental del proyecto, se realizaron las gestiones pertinentes ante el Registro de Propiedad Intelectual de Guatemala perteneciente al Ministerio de Economía para su protección intelectual.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

11 Beneficiarios directos e indirectos

Tabla 3

Beneficiarios directos e indirectos de la investigación

Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de Beneficiarios indirectos
Desarrollo de extractos naturales antipardeantes	Productores de frutas y procesadores de alimentos.	50	Industria alimentaria y comercializadores	200
Metodología de aplicación en frutas mínimamente procesadas	Investigadores en tecnología de alimentos	30	Estudiantes de ciencias de alimentos e ingeniería	150
Evaluación sensorial y aceptación del producto	Consumidores de productos frescos y naturales	100	Sector salud y consumidores preocupados por aditivos sintéticos	300
Publicaciones científicas y divulgación de resultados	Comunidad científica y académica	20	Políticas públicas y reguladores del sector alimentario	50

Nota. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

12 Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.

Tabla 4

Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.

ITEM	Sí	No
Presentación TV		
Entrevistas radiales		
Podcast		
Entrevista DIGI	X	
Recursos audiovisuales		
Congresos científicos nacionales o internacionales	X	
Talleres		
Publicación de libro		
Publicación de artículo científico		
Divulgación por redes sociales institucionales		
Presentación pública		
Presentación autoridades USAC	X	
Presentación a beneficiarios directos		
Entrega de resultados	X	
Docencia en grado	X	
Docencia postgrado		
Póster científico		
Trifoliales		
Conferencias	X	
Otro (describa)		

Nota. Elaboración propia.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

13 Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)

La investigación propuesta contribuye de manera significativa a dos prioridades nacionales clave en Guatemala: la seguridad alimentaria y nutricional, así como el valor económico de los recursos naturales. A través del uso de extractos de perejil como conservante natural para las manzanas, se busca garantizar alimentos más seguros, con un mayor valor nutricional, mejorando así la calidad de la oferta alimentaria. Esto, a su vez, fortalece la seguridad alimentaria de la población, alineándose con el objetivo nacional de asegurar el acceso a una alimentación adecuada y promover prácticas agrícolas sostenibles que favorezcan la salud pública.

Además, al utilizar recursos naturales locales como el perejil, se incrementa el valor económico de los recursos naturales del país, contribuyendo a la diversificación económica. Esta estrategia favorece el desarrollo del sector agrícola y alimentario, generando nuevas oportunidades de empleo y crecimiento económico en las comunidades locales. De esta manera, se promueve la producción y comercialización de alimentos más saludables y sostenibles, incentivando a su vez la conservación de los recursos naturales. Así, este enfoque establece las bases para un desarrollo económico más equitativo y sostenible, beneficiando tanto al medio ambiente como a las comunidades rurales de Guatemala.

14 Contribución al desarrollo de iniciativas de ley

No aplica.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

15 Vinculación

LAFIQ Laboratorio de Análisis Físicoquímico de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería Central de Mayoreo CENMA.

16 Conclusiones

1. El rendimiento de extracción fue significativamente mayor con etanol al 50% en comparación con etanol al 96% ($p < 0.05$, prueba de Tukey). La combinación de agua con etanol aumentó la solubilización de compuestos hidrofílicos, lo que redujo la selectividad hacia los polifenoles.
2. La actividad antioxidante medida por la inhibición del radical DPPH fue superior en los extractos obtenidos con etanol al 96% ($p < 0.05$, prueba de Tukey). La mayor afinidad de los polifenoles por solventes menos polares favoreció su extracción y preservación.
3. La cuantificación de polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu evidenció diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$, prueba de Tukey). El extracto obtenido con etanol al 96% presentó una mayor concentración de polifenoles debido a su mayor solubilidad en solventes con menor contenido de agua.
4. La evaluación de los parámetros de color (L , a , b y ΔE) mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$, prueba de Tukey). El extracto obtenido con etanol al 96% presentó la mejor estabilidad cromática, reduciendo el pardeamiento enzimático de manera más efectiva.
5. El análisis sensorial reveló diferencias significativas en la aceptación de los tratamientos ($p < 0.05$, prueba de Kruskal-Wallis). Las muestras tratadas con extracto obtenido con etanol al 50% fueron mejor valoradas en textura y aroma, mientras que el tratamiento con etanol al 96% mostró una menor aceptación.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

17 Recomendaciones

1. La identificación de los compuestos fenólicos mediante HPLC permitiría conocer los metabolitos responsables del efecto antioxidante y antipardeante. La caracterización de estos compuestos facilitaría el diseño de formulaciones más eficaces para su aplicación en la industria alimentaria.
2. La evaluación microbiológica de los extractos es necesaria para determinar su actividad antimicrobiana frente a microorganismos de interés en la conservación de alimentos. Pruebas de inhibición bacteriana permitirían conocer si los extractos ofrecen beneficios adicionales en la estabilidad microbiológica del producto.
3. El estudio de la estabilidad del color de las rodajas de manzana debe complementarse con pruebas de vida útil bajo diferentes condiciones de almacenamiento. La evaluación de la cinética de pardeamiento enzimático ayudaría a establecer modelos predictivos sobre la efectividad del tratamiento en el tiempo.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Referencias

- Agyare, C., Appiah, T., Boakye, Y. D., & Apenteng, J. A. (2017b). *Petroselinum crispum*: A Review. In *Medicinal Spices and Vegetables from Africa: Therapeutic Potential Against Metabolic, Inflammatory, Infectious and Systemic Diseases* (pp. 527–547). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809286-6.00025-X>
- Al-Juhaimi, F., & Ghafoor, K. (2011). Total phenols and antioxidant activities of leaf and stem extracts from coriander, mint and parsley grown in Saudi Arabia. *Pakistan Journal of Botany*, 43(4), 2235–2237.
- Almeida, M. E. M., & Nogueira, J. N. (1995). The control of polyphenol oxidase activity in fruits and vegetables. *Plant Foods for Human Nutrition*, 47. Kluwer Academic Publishers.
- Benitez, C. E., & Pensel, N. A. (2004). Harvest and postharvest conditions for apples and pears.
- Berker, K. I., Ozdemir Olgun, F. A., Ozyurt, D., Demirata, B., & Apak, R. (2013). Modified Folin-Ciocalteu antioxidant capacity assay for measuring lipophilic antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(20), 4783–4791. <https://doi.org/10.1021/jf400249k>
- Blainski, A., Lopes, G. C., & De Mello, J. C. P. (2013). Application and analysis of the Folin-Ciocalteu method for the determination of the total phenolic content from *Limonium brasiliense* L. *Molecules*, 18(6), 6852–6865. <https://doi.org/10.3390/molecules18066852>
- Bobo-García, G. D. -P.-A. (2014) *Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts and comparison with conventional spectrophotometric methods*. *Sci Food Agri*. Retrieved enero de 2023, from <http://doi.org/10.1002/jsfa.6706>
- Chalom, S., Elrezzi, E., Pelqa, P., Astiarsaran, I., & Bello, J. (1995). Composition of sulfited potatoes: Comparison with fresh and frozen potatoes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 47.
- Cheynier, V. (2012). Phenolic compounds: From plants to foods. *Phytochemistry Reviews*, 11(2-3), 153–177. <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9242-8>
- Cortez, J. D., Faicán, M. A., & Pirovani, M. E. (2018). Determinación de polifenoles en frutas con vitamina C incorporada: Metodología para mejorar la especificidad del ensayo de Folin-Ciocalteu. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541002>
- Cubero, S., Aleixos, N., Moltó, E., Gómez-Sanchis, J., & Blasco, J. (2011). Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables. *Food and Bioprocess Technology*, 4(4), 487-504. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0411-8>
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313–7352. <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Friedman, M., & Molnar-Perlt, I. (n.d.). Inhibition of Browning by Sulfur Amino Acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38.
- Garcia, E., & Barrett, D. M. (2005). Preservation of fresh-cut fruits and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(7), 511-537. <https://doi.org/10.1080/10408690490911837>
- Hou, Z., Feng, Y., Wei, S., & Wang, Q. (2014). Effects of curing treatment on the browning of fresh-cut potatoes. *American Journal of Potato Research*, 91(6), 655-662. <https://doi.org/10.1007/s12230-014-9396-6>
- Jadán Piedra, F. (2017). Control del pardeamiento enzimático en manzanas cortadas (Red delicious) mediante un sistema de envasado activo. *Enfoque UTE*, 8(2), 66-77. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n2.158>
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California, Agriculture and Natural Resources.
- Kuijpers, T. F. M., Van Herk, T., Vincken, J. P., Janssen, R. H., Narh, D. L., Van Berkel, W. J. H., & Gruppen, H. (2014). Potato and mushroom polyphenol oxidase activities are differently modulated by natural plant extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(1), 214-221. <https://doi.org/10.1021/jf4043375>
- Lamuela-Raventós, R. M. (2018). Folin-Ciocalteu method for the measurement of total phenolic content and antioxidant capacity.
- Landim, A. P. M., Barbosa, M. I. M. J., & Barbosa, J. L. (2016). Influência da desidratção osmótica sobre os compostos bioativos, capacidade antioxidante, cor e textura de frutas e olerícolas: Uma revisão. *Ciencia Rural*, 46, 1714-1722. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150534>
- Lee, E. J. (2014). Major metabolites involved in skin blackening of "Niiitaka" pear stored under cold temperature. *Horticultural Science & Technology*, 32(3), 1226-1263. <https://doi.org/10.7235/hort.2014.13191>
- Lozano-De-Gonzalez, P. G., Barrett, D. M., Wrolstad, R. E., & Durst, R. W. (n.d.). Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice.
- Luthria, D. L., Mukhopadhyay, S., & Kwansa, A. L. (2006). A systematic approach for extraction of phenolic compounds using parsley (*Petroselinum crispum*) flakes as a model substrate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(9), 1350-1358. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2521>
- Marín, I., Sayas-Barberá, E., Viuda-Martos, M., Navarro, C., & Sendra, E. (2016). Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Essential Oils from Organic Fennel, Parsley, and Lavender from Spain. *Foods*, 5(1). <https://doi.org/10.3390/foods5010018>
- Marszałek, K., Krzyżanowska, J., Woźniak, Ł., & Skąpska, S. (2017). Kinetic modelling of polyphenol oxidase, peroxidase, pectin esterase, polygalacturonase, degradation of the main



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- pigments and polyphenols in beetroot juice during high pressure carbon dioxide treatment. *LWT*, 85, 412–417. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.018>
- Meza Velázquez, J. A., Lozano De Gonzalez, P., Rivera, J. R. E., & Meza Velásquez, F. (2007). Inhibición del oscurecimiento enzimático y cambios texturales en manzana Golden Delicious tratada con jugo de piña. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 6.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Prakash, S., Kumar, P., & Puthusseri, P. (2016). Postharvest management of apple fruits to reduce browning: Effectiveness of different storage conditions and techniques. *Postharvest Biology and Technology*, 116, 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.01.002>
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- Queiroz, C., Mendes Lopes, M. L., Fialho, E., & Valente-Mesquita, V. L. (2008). Polyphenol oxidase: Characteristics and mechanisms of browning control. *Food Reviews International*, 24(4), 361-375. <https://doi.org/10.1080/87559120802089316>
- Quevedo, R., Díaz, O., Valencia, E., Pedreschi, F., Bastias, J. M., & Siche, R. (2016). Differences between the Order Model and the Weibull Model in the modeling of enzymatic browning. *Food and Bioprocess Technology*, 9(11), 1961–1967.
- Sahar, M. K. (2014). Effect of microwave treatment on some bioactive compounds of parsley (*Petroselinum crispum*) and dill (*Anethum graveolens*) leaves. *Global Journal of Agriculture and Food Sciences Research*, 1(1), 28–37.
- Sapers, G. M., Hicks, K. B., Phillips, J. G., Garzarella, L., Pondish, D. L., Matulaitis, R. M., ... El-Atawy, Y. S. (n.d.). Control of enzymatic browning in apple with ascorbic acid derivatives, polyphenol oxidase inhibitors, and complexing agents.
- Sapers, G. M. (1993). Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants, and other means. *Food Technology*, 47(10), 75-84.
- Sánchez, M., López, L., & Pérez, M. T. (2019). Combination of natural preservatives and modified atmosphere packaging for extending the shelf life of fresh-cut fruits. *Food Control*, 106, 106701. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106701>
- Sánchez-Rangel, J. C., Benavides, J., Heredia, J. B., Cisneros-Zevallos, L., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2013). The Folin–Ciocalteu assay revisited: Improvement of its specificity for total phenolic content determination. *Analytical Methods*, 5(21), 5990–5999. <https://doi.org/10.1039/C3AY41125G>
- Sánchez, M., Rodríguez, J., & Pérez, R. (2019). Effectiveness of modified atmosphere packaging combined with natural antioxidants in extending the shelf life of minimally processed fruits.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Postharvest Biology and Technology, 150, 50-57.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.106701>
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18, 757–781. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.047>
- Tien, C., Vachon, C., Mateescu, A., & Lacroix, M. (2001). Milk protein coatings prevent oxidative browning of apples and potatoes.
- Valverdú, B. B. (2018). Inhibición del pardeamiento enzimático en patata utilizando extractos de perejil.
- Wang, X., Wang, X., Zhang, Z., & Zhai, H. (2014). Antioxidant properties of parsley (*Petroselinum crispum*) and its potential application in the food industry. *Journal of Food Science*, 79(2), 238-244. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12378>
- Whitaker, J. R., & Lee, C. Y. (1995). Recent advances in chemistry of enzymatic browning.
- Yoruk, R., & Marshall, M. R. (2003). Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: A review.
- Zhang, D., & Hamazu, Y. (2004). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids, and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, 88(4), 503-509. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.065>

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Apéndice

Figura 14

Pretratamiento del perejil realizando reducción primaria de tamaño del material



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Figura 15

Determinación de la humedad contenida en el perejil entero deshidratado (hojas y tallos), utilizando la balanza de humedad



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 16

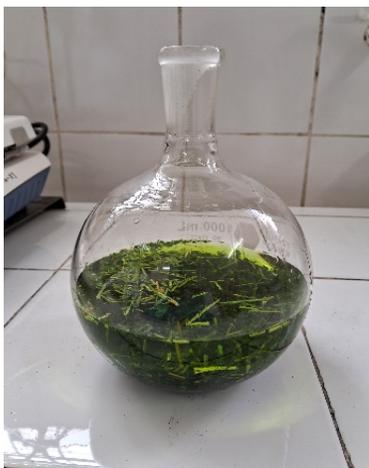
Proceso de deshidratación del perejil mediante un secador eléctrico de bandejas



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Figura 17

Obtención del extracto de perejil mediante el método de maceración dinámica con reflujio



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 18

Obtención del extracto de perejil mediante el método Soxhlet utilizando alcohol étílico absoluto



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Figura 19

Determinación del rendimiento de extracción de oleorresina de perejil mediante maceración dinámica sin reflujos utilizando un agitador mecánico

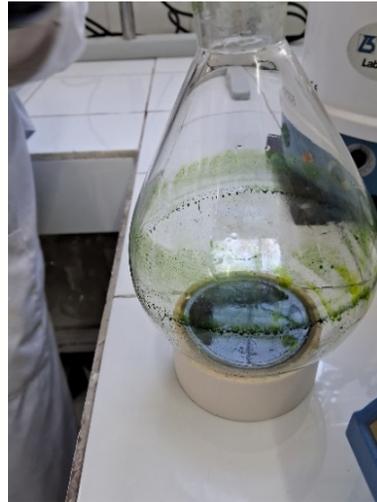


Nota. Realizado en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 20

Concentración del extracto de perejil obtenido mediante rotaevaporación



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Figura 21

Muestras de extractos de perejil obtenidos en los distintos procesos de extracción por maceración dinámica.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 5

Determinación de la humedad contenida en el perejil entero deshidratado (hojas y tallos) posterior al proceso de secado

Corrida	Masa (g)	Humedad (%)	Desviación
1	1.007	9.20	
2	1.008	8.43	
3	1.005	8.06	± 0.582
Promedio		8.56	

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla 6

Rendimiento obtenido del extracto de perejil mediante el método de maceración dinámica, utilizando etanol al 50% y con una relación material-solvente de 1:15

#	Método	Masa material (g)	Relación etanol-agua	Relación material/solvente	Masa (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento promedio (%)
1					7.777	25.923	
2					7.492	24.973	
3					6.643	22.143	
4	Maceración				8.720	29.067	
5	dinámica	30	Etanol	1:15	5.198	17.327	23.463
6	con reflujo		50%		5.021	16.737	
7					6.902	23.007	
8					8.937	29.790	
9					6.661	22.203	

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 7

Rendimiento obtenido del extracto de perejil mediante el método de maceración dinámica, utilizando etanol al 96% y con una relación material-solvente de 1:15

#	Método	Masa material (g)	Relación etanol-agua	Relación material /solvente	Masa (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento Promedio (%)
1					2.127	7.090	
2					2.777	9.257	
3					2.430	8.100	
4					2.539	8.463	
5					2.743	9.143	
6	Maceración	30	Etanol 96%	1:15	2.031	6.770	7.350
7	dinámica				1.405	4.683	
8	con reflujo				2.365	7.883	
9					1.573	5.243	
10					2.200	7.333	
11					2.201	7.337	
12					2.068	6.893	

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 8

Rendimiento obtenido del extracto de perejil mediante el método de maceración dinámica sin reflujo utilizando un agitador mecánico, etanol al 96% y con una relación material-solvente de 1:13

#	Método	Masa material (g)	Relación etanol-agua	Relación masa/solvente	Masa (g)	Rendimiento (%)
1	Maceración				4.860	4.860
2	dinámica sin reflujo	100	Etanol 96% (anhidro)	1:13	3.735	3.735
3	(agitación mecánica)				5.981	5.981
4					5.609	5.609

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla 9

Curva de calibración de espectrofotómetro utilizando azul de metileno

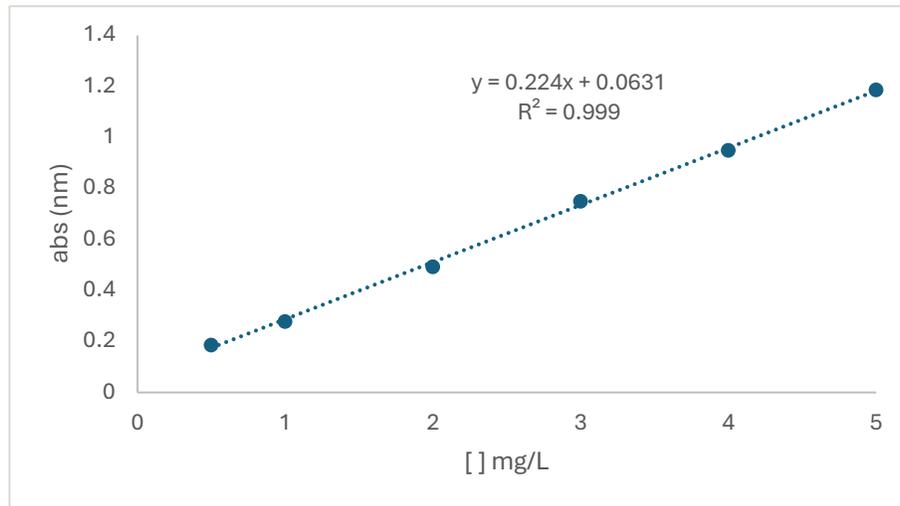
No.	[...] mg/L	ABS (nm)
1	1	0.188
2	1	0.279
3	2	0.495
4	3	0.750
5	4	0.951
6	5	1.187

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 22

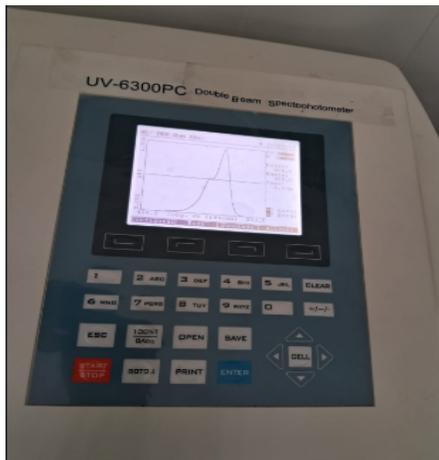
Gráfica de la curva de calibración (Azul de Metileno) para verificación de funcionamiento de Espectrofotómetro UV-6300PC VWR.



Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 23

Curva de calibración del espectrofotómetro utilizando azul de metileno

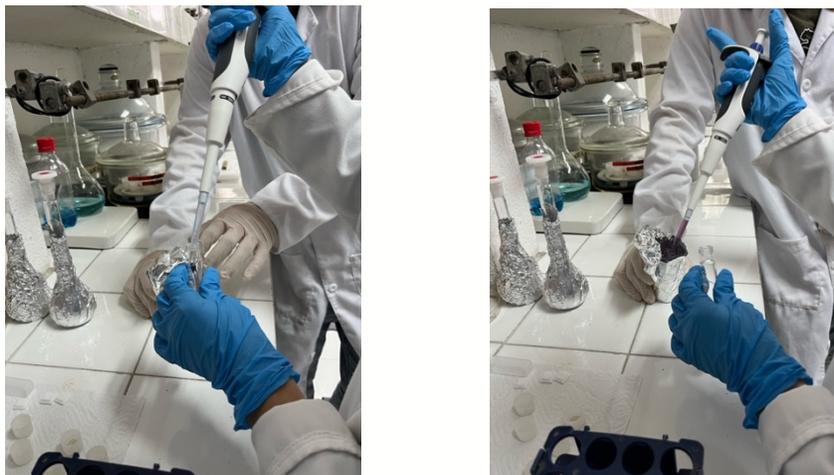


Nota. Realizado en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos -LAFIQ-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 24

Preparación de alícuotas de trolox y DPPH para medición de absorbancia



Nota. Laboratorio de Análisis Físicoquímico -LAFIQ-. Elaboración propia.

Figura 25

Alícuotas de trolox y DPPH a diferentes concentraciones



Nota. Alícuotas cubiertas para evitar la exposición a la luz. Realizado en el Laboratorio de Análisis Físicoquímico -LAFIQ-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 26

Medición de absorbancia en espectrofotómetro



Nota. Laboratorio de Análisis Físicoquímico -LAFIQ-. Elaboración propia.

Tabla 10

Datos tabulados para la curva patrón de trolox para la determinación del porcentaje de inhibición con el método DPPH.

TROLOX μM/L	DPPH (2.9 mL)+TROLOX (0.1 mL de cada dilución)*	abs			abs (dpph- trolox)	abs (dpph- trolox) A	abs (dpph- trolox) B	abs (dpph- trolox) PROMEDIO
		abs	abs	abs	(dpph- trolox)	(dpph- trolox) A	(dpph- trolox) B	PROMEDIO
25	1	0.91	0.922	0.914	0.144	0.133	0.140	0.139
50	2	0.878	0.895	0.89	0.174	0.158	0.163	0.165
100	3	0.837	0.840	0.830	0.213	0.210	0.219	0.214
200	4	0.689	0.672	0.608	0.352	0.368	0.428	0.383
400	5	0.390	0.37	0.333	0.633	0.652	0.687	0.657
500	6	0.213	0.191	0.214	0.800	0.820	0.799	0.806

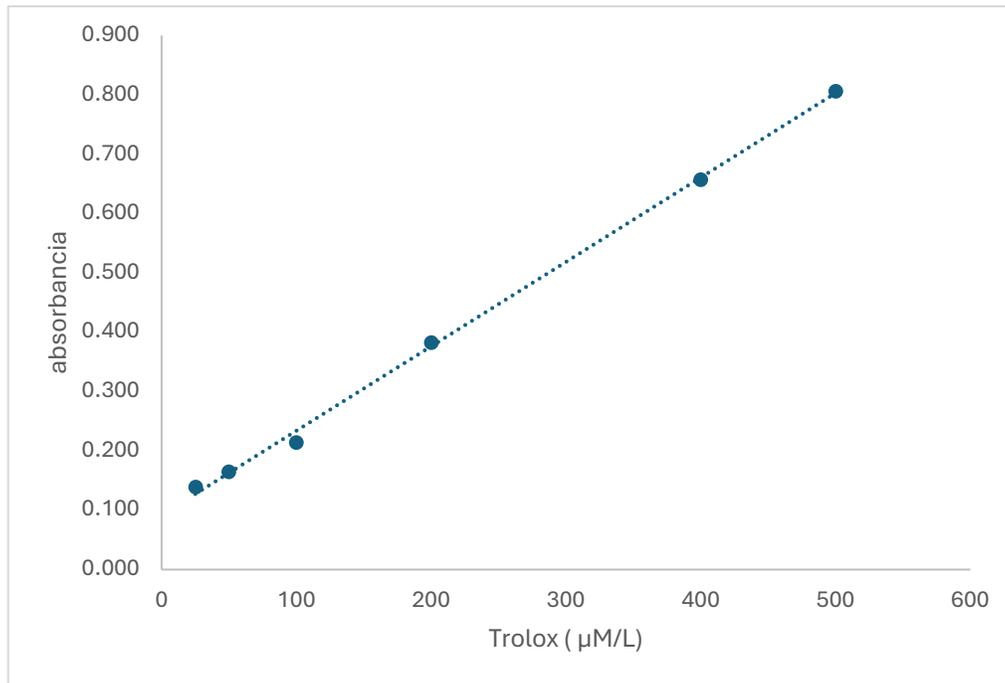
Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 27

Curva patrón de trolox para la determinación del porcentaje de inhibición con el método DPPH.



Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 11

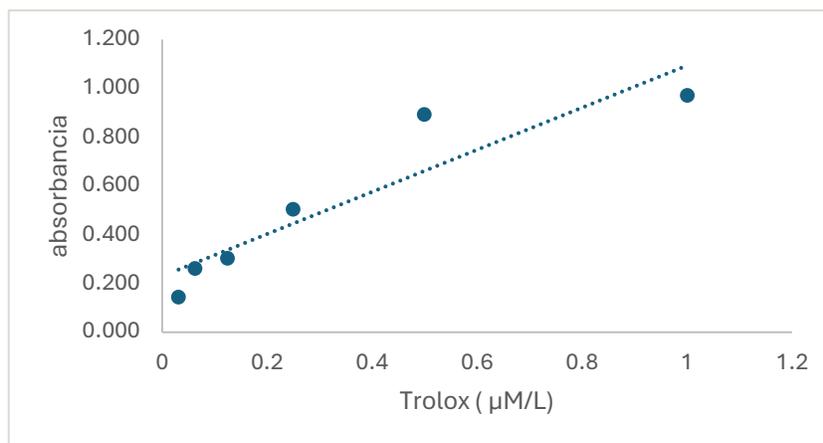
Datos tabulados para la curva patrón de trolox para la determinación del porcentaje de inhibición con el método DPPH.

TROLOX $\mu\text{M/L}$	DPPH (2.9 mL)+TROLOX (0.1 mL de cada dilución)*	abs						
		abs	abs	abs	(dpph- trolox)	(dpph- trolox) A	(dpph- trolox) B	abs (dpph- trolox) PROMEDIO
0.03125	1	1.043	1.02	0.951	0.112	0.131	0.190	0.144
0.0625	2	0.893	0.873	0.835	0.239	0.256	0.289	0.261
0.125	3	0.818	0.821	0.815	0.303	0.301	0.306	0.303
0.25	4	0.603	0.545	0.593	0.486	0.536	0.495	0.506
0.5	5	0.140	0.201	0.035	0.881	0.829	0.970	0.893
1	6	0.035	0.031	0.032	0.970	0.974	0.973	0.972

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 28

Curva patrón de trolox para la determinación del porcentaje de inhibición con el método DPPH.



Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Visio.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 12

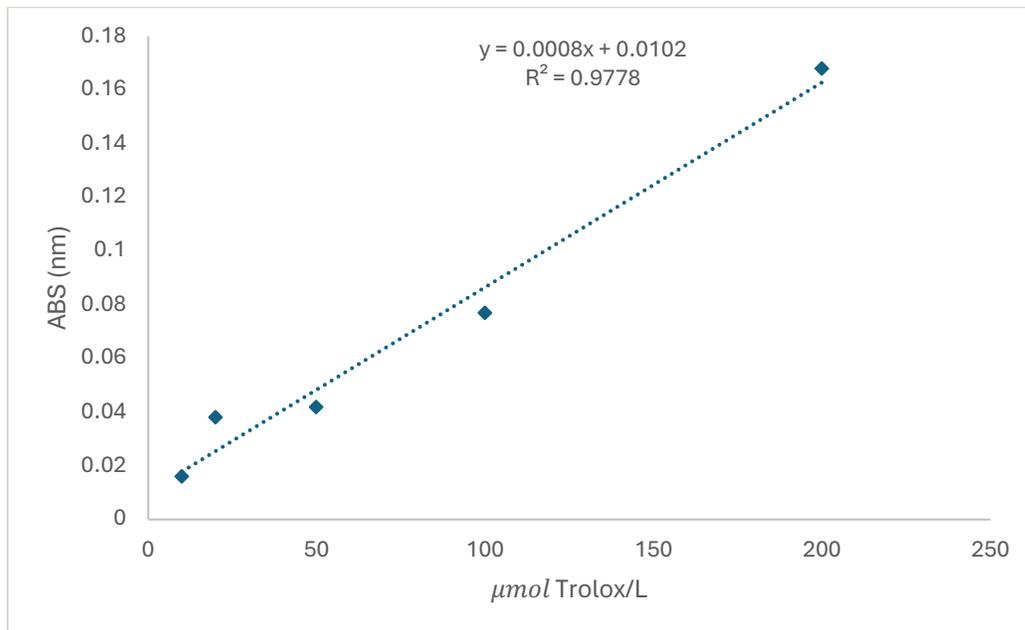
Fracción soluble extracto de perejil con EtOH/MetOH en la extracción líquido-líquido.

Extracto de perejil (g)	Tara Vial (g)	Peso total (g)	Peso fracción metanólica (g)	% de fracción soluble
5	94.265	98.689	4.424	88.480%

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 29

Recta de calibrado de Ácido Gálico



Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 13

Datos tabulados para la realización de la recta de calibrado del Ácido Gálico con Folin-Ciocalteu en un tiempo de 60 minutos

Lectura de absorbancia para %inhibición		
No.	A (muestra) DPPH-EXTRACTO	A(control) DPPH-AGUA
1	0.068	0.677
2	0.071	0.677
3	0.070	0.680

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla 14

Determinación de la capacidad antioxidante (inhibición del DPPH) en los extractos de perejil

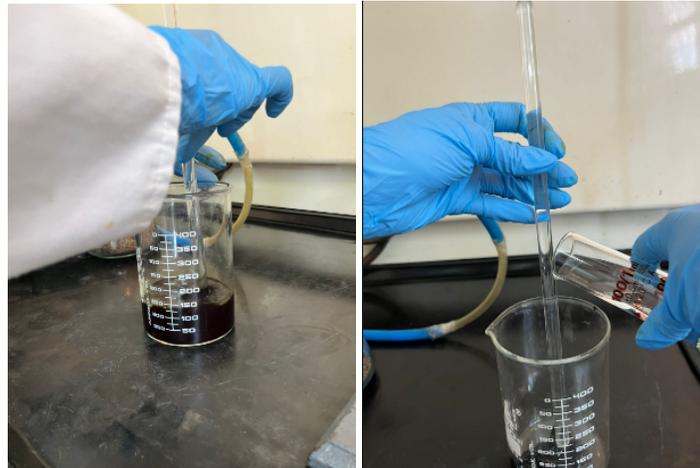
Parámetro analizado	Tipo de extracción	Resultado
% inhibición	H ₂ O/EtOH (96%)	89.96 ± 0.22
μmol TE/g perejil (sobre ms)	H ₂ O/EtOH (96%)	17.19 ± 0.35

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 30

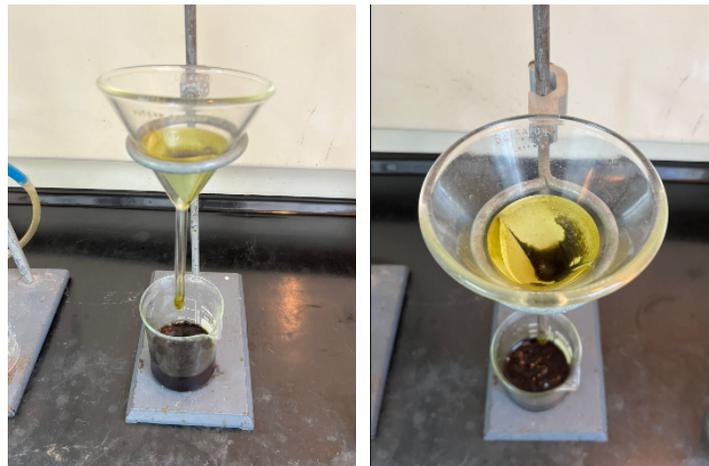
Dilución de extracto de perejil en metanol.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Figura 31

Filtrado de fracción metanólica

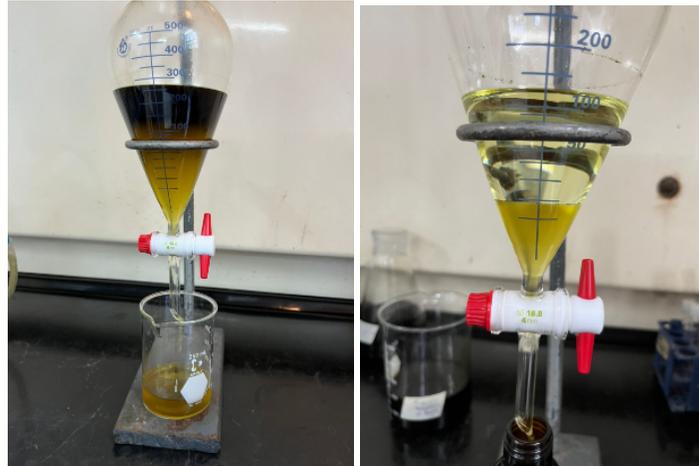


Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 32

Extracción líquido – líquido de polifenoles de extracto de perejil empleando metanol y hexano.



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Figura 33

Obtención de Fenoles y Polifenoles mediante la fracción de metanol del extracto de perejil



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 34

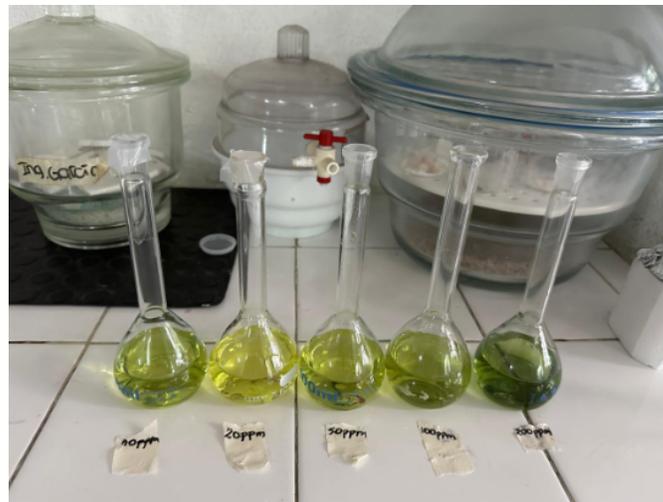
Medición de Ácido Gálico con el reactivo Folin-Ciocalteu



Nota. Laboratorio de Análisis Físicoquímicos -LAFIQ-. Elaboración propia.

Figura 35

Soluciones de Ácido Gálico con reactivo Folin-Ciocalteu



Nota. Laboratorio de Análisis Físicoquímicos -LAFIQ-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 36

Soluciones con Carbonato de Sodio con reactivo DPPH



Nota. Laboratorio de Análisis Físicoquímicos -LAFIQ-. Elaboración propia.

Tabla 15

Porcentaje de inhibición en Equivalente Trolox

Parámetro Analizado	Tipo de extracción	Resultado
% inhibición	H ₂ O/EtOH (50%)	81.31 ± 0.404
μmol TE/g perejil (sobre ms)	H ₂ O/EtOH (96%)	89.96 ± 0.220

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 16

Contenido de fenoles totales en Equivalente de Ácido Gálico

Parámetro Analizado	Tipo de extracción	Resultado
Cantidad de fenoles, mg	H ₂ O/EtOH (50%)	6.24 ± 0.062
GAE /g perejil (sobre ms)	H ₂ O/EtOH (96%)	7.93 ± 0.137

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla 17

Lectura de absorbancia para % de inhibición

No.	A (muestra) DPPH- EXTRACT	A (control) DPPH-AGUA
1	0.120	0.627
2	0.114	0.614
3	0.114	0.621

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla 18

Lectura de absorbancia para contenido de fenoles total para extracto al 96%

No.	A (muestra) FOLIN- EXTRACT	A (control) FOLIN-AGUA
1	0.032	0.773
2	0.017	0.841
3	0.009	0.868

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 19

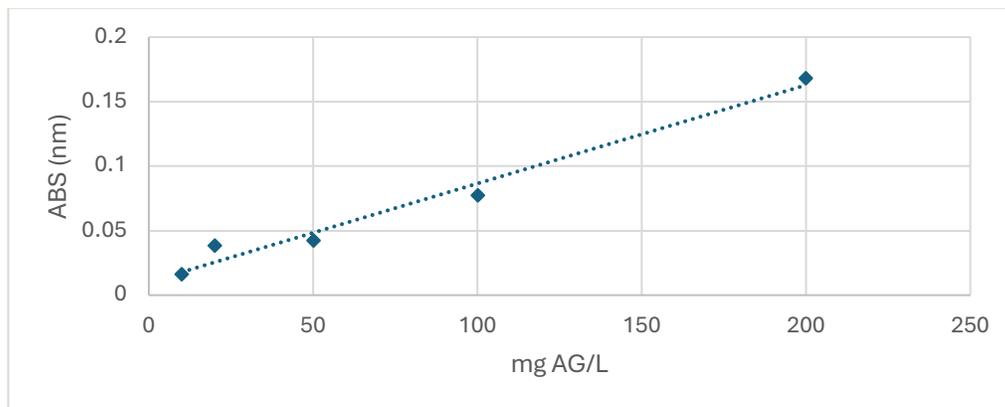
Lectura de absorbancia para contenido de fenoles total para extracto al 50%

No.	A (muestra) DPPH- EXTRACT	A (control) DPPH-AGUA
1	0.120	0.627
2	0.114	0.614
3	0.114	0.621

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 36

Recta de Calibración de Ácido Gálico.



Modelo matemático	Rango	R ²
$y = 0.0008x + 0.0102$	0-250 mg AG/L	0.9778

Nota. Elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 37

Procesamiento de manzana para pruebas de inmersión, utilizando el extracto de perejil a 50% y a 96% de concentración



Nota. Realizado en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Figura 38

Pruebas de inmersión de rodajas de manzana de 1 cm de espesor, utilizando el extracto de perejil a 50% y a 96% de concentración

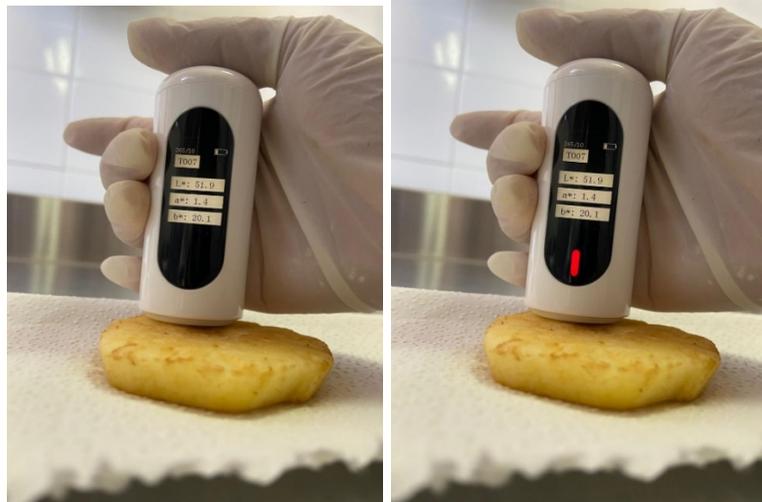


Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 39

Prueba de espectrofotometría a las rodajas de manzana previamente inmersas



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Figura 40

Muestras de rodajas de manzana inmersas con extracto de perejil a 50%, 96%, además del Control



Nota. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -Liexve-. Elaboración propia.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 41

Panelistas evaluando las rodajas de manzana inmersas en extracto de perejil a distintas concentraciones, a través de la escala de Likert



Nota. Panelistas evaluadores. Elaboración propia.

Declaración del coordinador del proyecto de investigación

El coordinador de proyecto de investigación con base en el Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación, artículos 13 y 20, dejo constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordino ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

Gerson Joél Ortega Morales	 Firma
Fecha: 17/02/2025	

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Aval de la directora del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación otorgo el aval al presente informe final de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: director del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

<p>Vo.Bo. Telma Maricela Cano Morales Directora Centro de Investigaciones de Ingeniería</p>	  <p>Firma</p>
<p>Fecha: 17/02/2025</p>	

Aprobación de la Dirección General de Investigación

<p>Vo.Bo. Inga. Liuba María Cabrera Ovalle</p>	 <p>Firma</p>
<p>Fecha: 17/02/2025</p>	

/Digi2024