



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIA



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y

VETERINARIA

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de carácter Complexivo, presentado al
H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener
el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

Oscurecimiento en las plantas a causa de las reacciones no enzimáticas
por el desdoblamiento de azúcares.

AUTOR:

Pedro Joel Baquerizo Castro

TUTORA:

Ing. Quim. Adriana Mejía González, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

El oscurecimiento no enzimático en plantas es un fenómeno fascinante que impacta significativamente la calidad y apariencia de nuestros vegetales, ya que desde el despliegue de pigmentos naturales hasta la formación de compuestos oscuros, cada etapa del oscurecimiento no enzimático refleja una intrincada danza molecular en la que el ambiente y las enzimas desempeñan roles fundamentales, por lo que la gestión adecuada de estos factores es crucial para prevenir el deterioro prematuro de los alimentos y mantener su frescura y valor nutricional. Por ello, el objetivo es analizar el mecanismo de oscurecimiento en plantas inducido por reacciones no enzimáticas y su influencia en las mismas. La investigación se abordó desde la perspectiva del enfoque deductivo-descriptivo por lo que la información que se recopilará a lo largo de la investigación será interpretado y desarrollado con el propósito de facilitar la comprensión del manejo de oscurecimiento en las plantas a causa de las reacciones no enzimáticas por el desdoblamiento de azúcares. Los principales resultados dieron cuenta que el oscurecimiento no enzimático en productos vegetales es un fenómeno complejo, impulsadas por reacciones químicas no enzimáticas, como la temperatura, la concentración de sustancias químicas, la luz, entre otros. Estas reacciones, desencadenadas por el desdoblamiento de azúcares en ausencia de actividad enzimática, pueden alterar el color, sabor y textura de los alimentos, afectando su valor nutricional. Es esencial identificar compuestos inhibidores y utilizar antioxidantes para prevenir este oscurecimiento, preservando así la frescura y calidad de los productos durante el procesamiento y almacenamiento. Es posible concluir que, la identificación de compuestos inhibidores en el pardeamiento no enzimático es clave para mejorar la calidad y vida útil de productos agrícolas. Estos compuestos contrarrestan cambios no deseados en color y sabor, mientras que el pardeamiento afecta la composición nutricional. Comprender estos mecanismos es esencial para estrategias de conservación que mantengan la calidad nutricional de alimentos frescos y procesados.

Palabras clave: Oscurecimiento, desdoblamiento, nutricional, inhibidores.

SUMMARY

Non-enzymatic browning in plants is a fascinating phenomenon that significantly impacts the quality and appearance of our plant-based foods. From the deployment of natural pigments to the formation of dark compounds, each stage of non-enzymatic browning reflects an intricate molecular dance in which the environment and enzymes play fundamental roles. Therefore, proper management of these factors is crucial to prevent premature deterioration of foods and maintain their freshness and nutritional value. The objective of this study is to analyze the mechanism of browning in plants induced by non-enzymatic reactions and its influence on them. The research was approached from the perspective of a deductive-descriptive approach, so the information collected throughout the study will be interpreted and developed to facilitate understanding of the management of browning in plants due to non-enzymatic reactions caused by the breakdown of sugars. The main findings revealed that non-enzymatic browning in plant products is a complex phenomenon driven by non-enzymatic chemical reactions, such as temperature, chemical substance concentration, light, among others. These reactions, triggered by the breakdown of sugars in the absence of enzymatic activity, can alter the color, taste, and texture of foods, affecting their nutritional value. It is essential to identify inhibitory compounds and use antioxidants to prevent this browning, thus preserving the freshness and quality of products during processing and storage. In conclusion, the identification of inhibitory compounds in non-enzymatic browning is key to improving the quality and shelf life of agricultural products. These compounds counteract unwanted changes in color and taste, while browning affects nutritional composition. Understanding these mechanisms is essential for conservation strategies that maintain the nutritional quality of fresh and processed foods.

Keywords: Darkening, unfolding, nutritional, inhibitors

INDICE

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos del Estudio	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5 Línea de Investigación	4
2. DESARROLLO	5
2.1 Marco conceptual.....	5
2.1.1 Oscurecimiento no enzimático	5
2.1.2 Desdoblamientos de azúcares.....	5
2.1.3 Integridad Visual, Gustativa, Valor Nutricional.....	5
2.1.4 Aceptación en el Mercado.....	6
2.1.5 Mecanismos Moleculares del Oscurecimiento	6
2.1.6 Reacciones No Enzimáticas en Plantas.....	7
2.1.7 Análisis Comparativo.....	7
2.1.8 Factores que contribuyen al oscurecimiento vegetativo.....	8
2.1.9 Temperatura y su Impacto.....	8
2.1.10 Relación con el pH del Medio.....	9
2.1.11 Papel del Oxígeno en las Reacciones	10
2.1.12 Índice De Cosecha Relacionado A Las Enzimas	11

2.1.13 Efectos del Oscurecimiento en la Calidad de los Alimentos	11
2.1.14 Consecuencias en la Composición Nutricional.....	12
2.1.15 Estrategias para Reducir el Oscurecimiento	12
2.1.16 Identificación de Compuestos Moduladores	13
2.1.17 Uso de Antioxidantes	14
2.2. Marco metodológico	16
2.3. Resultados	16
2.4. Discusión de Los Resultados	17
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
3.1. Conclusiones	19
3.2. Recomendaciones	20
4. REFERENCIAS Y ANEXOS.....	21
4.1. Referencias Bibliográficas	21
4.2. Anexos	31

TABLA DE ÍNDICE

- Tabla 1.** Reacción entre los procesos que ocurren con y sin enzimas en plantas. 8
- Tabla 2.** Compuestos moduladores en el control del oscurecimiento no enzimático. 14
- Tabla 3.** Antioxidantes comunes y sus funciones en el control del oscurecimiento... 15

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1 Introducción

En el fascinante mundo de la biología vegetal, se presenta un fenómeno intrigante que impacta directamente en la calidad y percepción de nuestros alimentos, como el oscurecimiento en las plantas debido a reacciones no enzimáticas por el desdoblamiento de azúcares, comúnmente conocido como pardeamiento no enzimático, este proceso químico, es influenciado por una serie de factores intrínsecos y ambientales, no solo añade un componente visual atractivo a la fisiología vegetal, sino que también tiene implicaciones en la industria alimentaria y en la preservación de la frescura de productos vegetales, donde es relevante para la producción agrícola (Arias & López 2019.)

Las reacciones no enzimáticas en las plantas, denominadas pardeamiento no enzimático, son procesos bioquímicos espontáneos que provocan cambios en el color, el sabor y el aroma de los tejidos vegetales sin la intervención de enzimas específicas, por ende, este fenómeno se debe principalmente a la descomposición de los azúcares, especialmente cuando las plantas están expuestas a altas temperaturas o en presencia de oxígeno, por lo cual, durante estos procesos, los azúcares de la planta interactúan con aminoácidos y otros compuestos, lo que da como resultado una variedad de productos finales, incluidos pigmentos y compuestos aromáticos, dando esto un cambio en el tono de las mismas (Martín 2016).

En el centro de este fenómeno se encuentra el proceso de Maillard, una compleja interacción entre azúcares y aminoácidos que se desencadena principalmente en las condiciones de calor, con lo que, produce compuestos coloridos y aromáticos, desatando el oscurecimiento que puede transformar la apariencia y el sabor de nuestros alimentos, por lo cual, la temperatura, el pH y la presencia de metales actúan como factores determinantes en esta reacción química, teniendo en cuenta que el aumento de la temperatura intensifica esta anomalía en la planta (Alvarez 2009).

Cabe destacar que tiene implicaciones en la industria de alimentos donde, la plantas y frutas pueden verse involucradas en este fenómeno, afectando la calidad y presentación de productos alimenticios; por otro lado, la reacción de Maillard se produce entre los azúcares y los aminoácidos cuando se combinan con calor, resultando en la formación de pigmentos y compuestos que contribuyen a la coloración característica de alimentos cocidos, estos compuestos, generan pigmentos y aromas que contribuyen a la apariencia de los alimentos cocidos (Por admin 2023).

Con el presente trabajo se busca analizar, el oscurecimiento en las plantas a causa de las reacciones no enzimáticas por el desdoblamiento de azúcares, por lo que se procurará ofrecer una visión completa y actualizada de este fenómeno y encontrar soluciones, estrategias para poder controlar el pardeamiento no enzimático, donde la falta de información y el desconocimiento pueden llevar a decisiones equivocadas, con lo cual se busca preservar la frescura y calidad de los productos vegetales con lo que indaga en mitigar el impacto negativo del pardeamiento no enzimático.

1.2 Planteamiento del problema

El fenómeno del oscurecimiento en las plantas por reacciones no enzimáticas, específicamente a través del desdoblamiento de azúcares, presenta un enigma que requiere ser abordado, aunque este proceso químico añade complejidad y diversidad sensorial a nuestros alimentos, también plantea desafíos significativos, especialmente en la industria alimentaria y la conservación de la frescura de productos vegetales para el productor ya que la pérdida de calidad visual y sensorial de frutas y verduras se ven afectadas.

Este acontecimiento, muchas veces es desencadenado por la exposición al aire y procesos que involucran calor, puede transformar la apariencia y el sabor de estos alimentos, afectando directamente la percepción del consumidor y reduciendo la aceptación del producto en el mercado, donde la pérdida de calidad de los producto vegetal no solo conlleva desperdicio económico al productor, sino que también impacta la capacidad de ofrecer productos visualmente atractivos y frescos, lo cual es esencial para satisfacer las demandas y expectativas del consumidor.

Además, la falta de métodos innovadores y prácticos para mitigar el pardeamiento no enzimático impide aprovechar completamente el potencial de estos productos en términos de calidad y vida útil, con lo cual, surge la necesidad urgente de abordar el problema del oscurecimiento en las plantas por reacciones no enzimáticas, no solo desde la perspectiva de la biología molecular, sino también con enfoques aplicados que permitan desarrollar estrategias prácticas y eficientes para su control.

1.3 Justificación

Las estrategias innovadoras para controlar este fenómeno, ya sea mediante la aplicación de tecnologías de conservación o la introducción de compuestos que inhiban las reacciones del oscurecimiento en las plantas debido a resistencia no enzimáticas, conocido como pardeamiento no enzimático, es esencial en el panorama actual donde la calidad de los alimentos y la eficiencia en la industria alimentaria son factores cruciales, por lo cual, donde en diversas razones que abarcan la necesidad de mejorar la presentación de productos con la búsqueda de estrategias prácticas para su control, donde la apariencia y frescura de los alimentos son determinantes para atraer a los consumidores, comprender a fondo los mecanismos detrás del pardeamiento no enzimático se vuelve imperativo.

La urgencia de desarrollar estrategias que ayuden a preservar la calidad visual y sensorial de frutas y verduras, garantizando así la satisfacción del consumidor, ya que para el productor llega a tener un impacto económico, donde la pérdida de calidad y aceptación en el mercado debido al pardeamiento no enzimático genera consecuencias económicas directas, con este trabajo busca ofrecer la oportunidad de desarrollar soluciones prácticas y métodos de control efectivos que reduzcan el desperdicio económico en la industria alimentaria y optimicen la eficiencia en la producción y comercialización de productos vegetales afectados por este fenómeno.

También se apoya en la búsqueda de soluciones prácticas y aplicables. Comprender los procesos moleculares del pardeamiento no enzimático posibilitará el desarrollo de estrategias innovadoras para su control, ya sea mediante la aplicación

de tecnologías de conservación o la introducción de compuestos que inhiban las reacciones responsables. Estas estrategias, derivadas de una comprensión profunda, tendrán un impacto directo en la calidad y vida útil de los productos vegetales.

1.4 Objetivos del Estudio

1.4.1. Objetivo General

Analizar el mecanismo de oscurecimiento en plantas inducido por reacciones no enzimáticas y su influencia en las mismas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificar los compuestos inhibidores en la prevención del pardeamiento no enzimático.
- ✓ Describir el impacto del pardeamiento no enzimático en la composición nutricional de productos vegetales.

1.5 Línea de Investigación

Dominio: Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad y Biotecnología.

Líneas: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublíneas: Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Oscurecimiento no enzimático

El oscurecimiento no enzimático, también conocido como pardeamiento no enzimático, es un fenómeno bioquímico que modifica el color de los tejidos vegetales sin la intervención de enzimas específicas, este proceso resulta ser de reacciones químicas espontáneas, especialmente el desdoblamiento de azúcares, y puede tener un impacto significativo en la calidad visual y sensorial de alimentos y productos vegetales, a diferencia del pardeamiento enzimático, no requiere la acción catalítica de enzimas específicas y puede manifestarse en presencia de factores como el calor y el oxígeno (Cardona 2020).

2.1.2 Desdoblamientos de azúcares.

En el fascinante mundo de los procesos bioquímicos vegetales surge un fenómeno clave para la industria: desde el desdoblamiento de azúcares hasta su gestión en el procesamiento; estos azúcares pueden descomponerse sin enzimas mediante procesos como la hidrólisis ácida (ruptura de enlaces glicosídicos), la caramelización (descomposición térmica a altas temperaturas), las reacciones de Maillard (interacción con aminoácidos bajo calor), isomerización espontánea, y oxidación en presencia de oxígeno, es así que, afectan las propiedades organolépticas de los alimentos en la industria, siendo influenciados por factores como temperatura, pH y otros compuestos. (Meza y Col 2007).

2.1.3 Integridad Visual, Gustativa, Valor Nutricional.

La trascendencia del oscurecimiento no enzimático se encuentra en su impacto directo en la conservación visual de los alimentos, por lo que, la prevención de este proceso resulta crucial para mantener la frescura y el atractivo de la vida útil de los productos, además de afectar la calidad sensorial, generando cambios en sabor y aroma, comprender y gestionar este fenómeno es esencial para preservar la

experiencia sensorial del consumidor y asegurar la aceptación en el mercado, asimismo, la importancia se extiende a la preservación del valor nutricional, ya que evitar el oscurecimiento no enzimático contribuye a mantener intactas las propiedades nutricionales, garantizando que los consumidores (Guanochanga 2021).

2.1.4 Aceptación en el Mercado

El oscurecimiento no enzimático posee un impacto directo en la aceptación de productos vegetales en el mercado, ya que aquellos visualmente atractivos tienen mayores posibilidades de ser seleccionados por los consumidores, por lo cual, en la industria alimentaria, la comprensión, control de este fenómeno son esenciales en el procesamiento y presentación de productos, permitiendo optimizar técnicas de conservación, asegurando la calidad visual y gustativa (Cabezas 2013).

2.1.5 Mecanismos Moleculares del Oscurecimiento

El oscurecimiento no enzimático implica una serie de mecanismos moleculares fascinantes que conducen a cambios perceptibles en color, sabor y aroma, este proceso es también conocido como pardeamiento no enzimático, se desencadena por reacciones químicas espontáneas que involucran principalmente el desdoblamiento de azúcares, cuando estos azúcares reaccionan con aminoácidos y otros compuestos presentes en las plantas, se forman una variedad de productos finales, incluyendo pigmentos y compuestos aromáticos (Badui 2006).

El resultado visualmente perceptible es un cambio en el color de los tejidos vegetales, que pasa de tonalidades más claras a tonos más oscuros, por lo cual estas reacciones no enzimáticas son influenciadas por diversos factores ambientales como el pH, temperatura y la presencia de oxígeno, donde la comprensión detallada de estos mecanismos moleculares es esencial para abordar eficientemente el oscurecimiento no enzimático, preservando así su calidad sensorial y nutricional (Lupano 2013).

Los mecanismos moleculares del oscurecimiento no enzimático son reacciones químicas espontáneas desencadenadas por factores como el desdoblamiento de azúcares, este desdoblamiento inicia una serie de reacciones con otros compuestos

como aminoácidos, dando lugar a la formación de pigmentos y compuestos aromáticos, a los productos generando cambios en el color, sabor y aroma de los tejidos vegetales, evidenciándose visualmente a tonos más oscuros, donde la influencia de estos factores añade complejidad, por lo que preservar la calidad sensorial y nutricional de los productos vegetales es importante (Manayay & Ibarz 2017).

2.1.6 Reacciones No Enzimáticas en Plantas

Las reacciones químicas no enzimáticas en plantas comprenden procesos bioquímicos que modifican la composición de los tejidos vegetales sin la intervención directa de enzimas, estas reacciones, comúnmente asociadas al desdoblamiento de azúcares, se manifiestan visualmente con cambios como el oscurecimiento, impactando la apariencia y calidad de los productos vegetales, donde el desdoblamiento de azúcares, esencial en el oscurecimiento no enzimático, implica la descomposición de azúcares presentes en las plantas, generando productos finales que influyen en la coloración de los tejidos, por ende este proceso puede ser activado por factores ambientales como temperatura, pH y la presencia de oxígeno (Hernández y Col 2022).

2.1.7 Análisis Comparativo

A través de nuestro este cuadro comparativo, vislumbramos las dinámicas velocidades de reacción, donde las enzimas aceleran el ritmo de las transformaciones bioquímicas se ven influenciadas por las condiciones del entorno, como el pH, la temperatura y otros factores, mientras que las reacciones sin enzimas siguen el compás caprichoso de las condiciones ambientales, donde las plantas despliegan un vasto repertorio de procesos, donde cada proceso ya sea con o sin enzimas, contribuye al vibrante tapiz de la naturaleza (Merino & Noriega 2013).

Tabla 1. Reacción entre los procesos que ocurren con y sin enzimas en plantas.

Aspecto	Con Enzimas	Sin Enzimas
Tipo de Reacciones	Reacciones bioquímicas catalizadas por enzimas.	Reacciones químicas no enzimáticas.
Velocidad de Reacción	Generalmente más rápida.	Más lenta
Especificidad	Altamente para sustratos.	Depende de reacciones físicas y químicas.
Regulación	Controladas por pH, temperatura y cofactores.	Menos reguladas y dependientes del medio
Activación	Requerir activación mediante cambios en el ambiente.	No requieren activación
Sensibilidad	Sensibles a cambios ambientales	Menos sensibles a cambios en el entorno

Fuente: ITS .2020. Sourav, B. 2023. Adaptado por el autor.

2.1.8 Factores que contribuyen al oscurecimiento vegetativo.

En productos vegetales son diversos y desempeñan un papel crucial en la velocidad y la intensidad de este proceso, entre ellos, uno que destaca más es la temperatura, siendo la de mayor significancia ya que puede acelerar las reacciones químicas implicadas en el oscurecimiento, lo que conlleva a cambios rápidos en el color y la textura, asimismo, la relación con el pH del medio constituye otro aspecto relevante por lo que puede alterar la velocidad y la naturaleza de las reacciones de oscurecimiento enzimático, además, el papel del oxígeno puede facilitar las reacciones químicas que conducen al oscurecimiento, especialmente en productos expuestos al aire, estos factores interactúan de manera compleja (González 2021).

2.1.9 Temperatura y su Impacto

A medida que la temperatura aumenta, se incrementa la velocidad de las reacciones químicas responsables del oscurecimiento, lo que puede resultar en cambios drásticos, este efecto se debe a que las altas temperaturas proporcionan la energía necesaria para que las moléculas reaccionen más rápidamente, acelerando

así la formación de compuestos pigmentados y productos finales de glicación avanzada (AGE), la influencia de la temperatura se manifiesta de manera especialmente notable durante el procesamiento térmico, estos métodos de procesamiento implican altas temperaturas que pueden desencadenar reacciones de caramelización y Maillard, dando lugar a cambios de color no deseados y una disminución en la calidad sensorial de los productos (Lupano 2013).

Según Leighton (2013) destaca algunas de las influencias en el oscurecimiento no enzimático:

- **Caramelización:** Implica la descomposición de azúcares simples a altas temperaturas, lo que da lugar a la formación de compuestos oscuros.
- **Reacción de Maillard:** Ocurre entre azúcares reductores y aminoácidos, generando pigmentos y compuestos de sabor característico.
- **Textura y Sabor:** La influencia de la temperatura en el oscurecimiento no enzimático no solo se limita al cambio de color de los alimentos, si no también puede afectar la textura y el sabor de los productos vegetales.

2.1.10 Relación con el pH del Medio

El oscurecimiento no enzimático es un proceso, constituye un tema de gran relevancia en la ciencia de los alimentos y la tecnología alimentaria, ya que es influenciado por diversos factores, determinan la velocidad y la intensidad del oscurecimiento no enzimático es el entorno en el que estos alimentos se encuentran, donde el medio ambiente ejerce una influencia significativa en el oscurecimiento no enzimático debido a su capacidad para modular las reacciones químicas que lo desencadenan, estas pueden alterar la velocidad y la extensión de estas reacciones químicas complejas (Bravo & Vélez 2016)

La relación entre el pH del medio y el oscurecimiento no enzimático influye en la velocidad y la intensidad de este proceso químico, donde el pH, representa la acidez o la alcalinidad de un medio, desempeña un papel crucial en la disponibilidad de iones hidrógeno, en medios ácidos, con un pH bajo, tienden a ser más lentas debido a la

menor disponibilidad de iones hidrógeno, sin embargo, a medida que el pH aumenta, las reacciones de oscurecimiento pueden acelerarse, favoreciendo la progresión del oscurecimiento no enzimático (Álvarez 2009).

Por lo tanto, la comprensión de la relación entre el pH del medio y el oscurecimiento no enzimático es un aspecto fundamental para considerar en la industria alimentaria, por lo que el control y la regulación del pH durante el procesamiento y almacenamiento de productos vegetales son estrategias clave para mantener la calidad y la frescura, dando que es crucial para el desarrollo de prácticas de procesamiento y conservación efectivas que promuevan la calidad y la seguridad alimentaria (Cedeño 2017).

2.1.11 Papel del Oxígeno en las Reacciones

Desempeña un papel significativo en las reacciones actuando como un agente facilitador para la formación de compuestos pigmentados y productos finales de glicación avanzada (AGE), donde la presencia de oxígeno promueve la oxidación de compuestos orgánicos, lo que puede iniciar y acelerar las reacciones de oscurecimiento, donde que la oxidación de lípidos y otros compuestos que producen radicales libres y peróxidos, que son altamente reactivas y pueden iniciar una serie de reacciones que conducen al oscurecimiento y a la formación de compuestos no deseados. (Bengmark & Gil 2007).

Para mitigar el impacto del oxígeno en las reacciones de oscurecimiento no enzimático, se deben implementar estrategias adecuadas donde se pueda ver la participación de estos compuestos ya que contribuyen a los cambios en el color y la apariencia de los vegetales, además algunas de diversas estrategias pueden ser, el envasado al vacío, el envasado con atmósfera modificada y el uso de antioxidantes son algunas de las técnicas que pueden ayudar a reducir la presencia de oxígeno y disminuir la velocidad y la intensidad del oscurecimiento, si bien el oxígeno es necesario para muchas reacciones químicas en los organismos vivos, su presencia en exceso puede ser perjudicial en el contexto del oscurecimiento no enzimático (Yupangui 2016).

2.1.12 Índice De Cosecha Relacionado A Las Enzimas

El índice de cosecha relacionado a las enzimas es un concepto en la agricultura, ya que se refiere al momento óptimo para la recolección de los vegetales con el fin de maximizar su calidad y valor nutricional, las enzimas desempeñan un papel fundamental en este proceso, ya que su actividad puede influir significativamente en la maduración, el desarrollo y la calidad de los cultivos, la presencia y actividad de las enzimas, como las polifenoloxidasas y las peroxidasas, están involucradas en una variedad de procesos biológicos que pueden afectar la calidad de los productos vegetales (Ideagro 2019).

Es importante identificar el momento oportuno para la cosecha en función de la actividad enzimática y otros parámetros de calidad, ya que la cosecha prematura o tardía puede tener efectos adversos en la calidad y el rendimiento de los cultivos, por lo tanto, encontrar el equilibrio adecuado entre el desarrollo completo de los cultivos y la prevención del deterioro post-cosecha es fundamental para garantizar y evitar el riesgo de deterioro, por lo que el manejo adecuado de este índice puede contribuir significativamente a la producción de alimentos y al mantenimiento de la seguridad alimentaria en la cadena de suministro. (Martínez y Col 2017).

2.1.13 Efectos del Oscurecimiento en la Calidad de los Alimentos

Uno de los efectos más evidentes del oscurecimiento no enzimático es su impacto en la apariencia visual de los alimentos, donde el cambio de color que experimentan los productos vegetales puede percibirse como poco atractivo para los consumidores y puede disminuir su disposición a comprar o consumir dichos alimentos, esta ejerce una influencia significativa en la calidad de los alimentos, afectando diversos aspectos sensoriales y nutricionales que son fundamentales para la aceptación por parte de los consumidores. (Aquino 2002).

Además del aspecto visual, puede alterar la textura y el sabor de los alimentos, por lo que la formación de compuestos pigmentados y productos finales de glicación avanzada (AGE) provocar cambios en la textura de los alimentos, haciéndolos menos

apetecibles, asimismo, pueden generar sabores amargos o indeseables, lo que puede afectar negativamente la experiencia gustativa del consumidor y la aceptación del producto, este deterioro se ve también en la calidad nutricional ya que puede ser especialmente preocupante en productos vegetales que son percibidos como alimentos saludables y nutritivos. (Paula 2022).

2.1.14 Consecuencias en la Composición Nutricional

El proceso de oscurecimiento no enzimático puede tener importantes consecuencias en la composición nutricional, afectando la disponibilidad y la integridad de nutrientes esenciales, uno de los principales efectos es la pérdida de vitaminas y antioxidantes, durante las reacciones de oscurecimiento, ciertos compuestos nutricionales pueden degradarse o volverse menos biodisponibles, lo que puede reducir el valor nutricional del alimento, además de que algunos minerales pueden formar complejos con compuestos generados durante las reacciones de oscurecimiento, esto puede tener implicaciones importantes especialmente en poblaciones vulnerables que dependen de alimentos vegetales como fuente principal de nutrientes (Romojaro 2016).

Otro aspecto relevante es el impacto en los compuestos bioactivos presentes en los alimentos, muchos de estos alimentos contienen compuestos bioactivos, como polifenoles y flavonoides, que tienen propiedades antioxidantes y beneficios para la salud, sin embargo, el oscurecimiento no enzimático puede afectar la concentración y la actividad de estos compuestos, lo que puede disminuir su capacidad para ejercer efectos positivos sobre la salud, donde los AGE se han asociado con el desarrollo de diversas enfermedades crónicas, por lo tanto, el consumo de alimentos con altos niveles puede representar un riesgo potencial para la salud a largo plazo. (Vargas Y Col 2018).

2.1.15 Estrategias para Reducir el Oscurecimiento

En la industria alimentaria, por lo que para garantizar la calidad y la aceptación de los productos vegetales, se visto una demanda por los consumidores alimentos

frescos, visualmente atractivos y con alto valor nutricional, surge la necesidad de desarrollar estrategias efectivas para mitigar el oscurecimiento no enzimático, por lo que con estas estrategias abarcan desde técnicas de procesamiento y almacenamiento hasta la incorporación de aditivos, en este sentido, comprender las diversas estrategias y prácticas es fundamental para la industria alimentaria (Gimferrer 2009).

2.1.16 Identificación de Compuestos Moduladores

Se ha convertido en una parte integral de la búsqueda de soluciones efectivas para controlar el oscurecimiento no enzimático en alimentos vegetales, por lo que estos compuestos moduladores actúan como agentes que interfieren con las reacciones químicas responsables del oscurecimiento, ayudando así a preservar la calidad entre ellos están los antioxidantes naturales pueden proporcionar insights, estos tienen la capacidad de neutralizar los radicales libres y reducir la oxidación que conduce al oscurecimiento no enzimático (Jadán 2017).

Además, se están explorando compuestos sintéticos y extractos de plantas con propiedades moduladoras del oscurecimiento, recientemente se han identificado una variedad de compuestos, como ácidos fenólicos, catequinas, y ácido ascórbico, que muestran promesa para inhibir el oscurecimiento no enzimático en alimentos vegetales, estos compuestos actúan mediante mecanismos que van desde la quelación de metales hasta la inhibición de enzimas y la estabilización de pigmentos naturales. (Garay 2019).

En la búsqueda de soluciones innovadoras para combatir el oscurecimiento no enzimático se ha explorado un fascinante mundo de compuestos moduladores, muchos de estos compuestos actúan como verdaderos superhéroes en la lucha contra la oxidación y el cambio no deseado, manteniendo la frescura y la apariencia que tanto amamos, además de que también se beneficia del uso de técnicas, como cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), espectroscopía de masas, con estas técnicas permiten la identificación precisa y cuantificación, lo que facilita la selección

de candidatos prometedores para estudios de inhibición del oscurecimiento (Ortiz 2022).

Tabla 2. *Compuestos moduladores en el control del oscurecimiento no enzimático.*

Compuestos Moduladores	Descripción
<i>Exploración de Fuentes Naturales</i>	Una amplia gama de fuentes naturales, como frutas, verduras y plantas, en busca de compuestos antioxidantes y bioactivos.
<i>Extracción de Compuestos</i>	La extracción con solventes, la maceración o el uso de tecnologías de extracción avanzadas.
<i>Análisis y Fraccionamiento</i>	Separación de los extractos en fracciones más puras utilizando técnicas de cromatografía.
<i>Evaluación de Actividad Biológica</i>	La actividad antioxidante y moduladora del oscurecimiento de las fracciones obtenidas in vitro y modelos experimentales.
<i>Caracterización de Compuestos</i>	Identificación de los compuestos activos utilizando técnicas, como la espectroscopía de masas y la cromatografía de gases.

Fuente: Denoya y Col (2012). Vazquez, A. 2021. Adaptado por el autor

2.1.17 Uso de Antioxidantes

En el mundo de la ciencia alimentaria, los antioxidantes brillan como estrellas entre las soluciones para preservar la frescura y la calidad de nuestros alimentos vegetales, con estos compuestos, dotados de poderosos poderes para neutralizar los radicales libres y prevenir la oxidación, se han convertido en aliados indispensables en la batalla contra el oscurecimiento no enzimático, desde las coloridas frutas hasta las exuberantes verduras, los antioxidantes desempeñan una importancia para la conservación de los productos en su apariencia, el sabor y la integridad nutricional de nuestros alimentos (Valenzuela & Pérez 2016).

El uso de antioxidantes en el control del oscurecimiento no enzimático en alimentos vegetales, los compuestos naturales se convierten en guardianes de la frescura, transformando nuestros alimentos en verdaderas obras maestras de la

naturaleza, donde la ciencia y la innovación se fusionan para mantener viva la vibrante paleta de colores y sabores, estos se llegan a alzar como poderosos escudos protectores contra el implacable avance del tiempo y la oxidación, por lo cual estos compuestos naturales, que abundan en la exuberancia de las frutas, las verduras y las hierbas, desempeñan un papel esencial en la preservación de la frescura y la vitalidad de nuestros alimentos (González 2018).

La magia de los antioxidantes va más allá de lo superficial, además de preservar la apariencia de nuestros alimentos, estos compuestos también desempeñan un papel vital en la protección de su valor nutricional, donde al contrarrestar la acción dañina de los radicales libres, los antioxidantes ayudan a mantener intactas las vitaminas, los minerales y otros nutrientes, cada una envuelta en un manto protector de antioxidantes, desde la vitamina C en los cítricos hasta los flavonoides en las bayas, estos compuestos trabajan en armonía para mantener vivos los tonos brillantes y los sabores intensos que hacen que cada bocado sea una experiencia memorable (Carchipulla, J. 2019).

Tabla 3. Antioxidantes comunes y sus funciones en el control del oscurecimiento.

Antioxidante	Función
<i>Vitamina C</i>	Protege contra el oscurecimiento al neutralizar los radicales libres y mantener la estabilidad de los pigmentos naturales.
<i>Vitamina E (tocoferol)</i>	Actúa como antioxidante liposoluble, protegiendo los lípidos y las membranas celulares de la oxidación.
<i>Polifenoles</i>	Tienen propiedades antioxidantes que protegen contra el oscurecimiento y la degradación oxidativa.
<i>Ácido cítrico</i>	Actúa como agente quelante, inhibiendo la acción de los metales catalíticos involucrados en las reacciones de oscurecimiento.
<i>Ácido ascórbico</i>	Puede regenerar otros antioxidantes, como la vitamina E, aumentando su eficacia.

Fuente: Iradi, M. 2016. Beatriz. 2018. Adaptado por el autor

2.2. Marco metodológico

La metodología empleada en este trabajo de investigación se fundamentara en un enfoque deductivo-descriptivo, con lo cual, se llevara a cabo una exhaustiva revisión de literatura, análisis de documentos, exploración de sitios web y recopilación de datos provenientes de instituciones internacionales y nacionales, asimismo se consultaran diversas fuentes de autores especializados, que estén alineadas con la temática central y dirigidas hacia el mismo objetivo con lo cual esto permitirá abordar de manera detallada y rigurosa los elementos esenciales relacionados con la investigación.

Garantizando así una base sólida de fuentes confiables para un análisis comparativo de alta calidad en el marco de un proceso de titulación mediante trabajo complejo, por lo que la información que se recopilará a lo largo de la investigación será interpretado y desarrollado con el propósito de facilitar la comprensión del manejo de oscurecimiento en las plantas a causa de las reacciones no enzimáticas por el desdoblamiento de azúcares.

2.3. Resultados

El fenómeno del oscurecimiento no enzimático en productos vegetales y su impacto en la calidad de los alimentos, se ha visto múltiples aspectos clave que influyen en este proceso químico, según Nexticapa y Vásquez (2017) menciona que la caramelización y la reacción de Maillard, desencadenadas por el desdoblamiento de azúcares en ausencia de actividad enzimática dado que con estas reacciones pueden conducir a cambios en el color, sabor y textura, afectando así su valor nutricional.

El oscurecimiento no enzimático en las plantas es un fenómeno complejo que surge debido a reacciones químicas resultantes del desdoblamiento de azúcares, por lo tanto para Arias y López (2019) pueden afectar significativamente en la calidad por lo cual es primordial identificar compuestos inhibidores que puedan prevenir el pardeamiento no enzimático, según Vadefood (2022) proporciona que hay que tener

estrategias efectivas para controlar este proceso, ya que estas reacciones pueden provocar cambios en el color, sabor y textura, lo que afecta su integridad y particularmente en su composición, por lo tanto, comprender el impacto del oscurecimiento no enzimático es crucial para evaluar su calidad y valor nutricional.

Menciona Montenegro (2015) que, a través de la identificación de compuestos inhibidores y el uso de antioxidantes, es posible mitigar los efectos del oscurecimiento no enzimático y preservar así la calidad del producto, con estos compuestos pueden ayudar a neutralizar los radicales libres y retardar las reacciones químicas que conducen al oscurecimiento de los alimentos, permitiendo así con estas estrategias no solo ayudan a mantener la frescura de los alimentos, sino que también contribuyen a garantizar que conserven su valor nutricional durante el procesamiento y almacenamiento, por ende, Márquez y Col (2015) nos indica que comprender el oscurecimiento no enzimático y sus implicaciones nutricionales es fundamental para la industria alimentaria en la producción con un alta calidad y valor nutricional.

Por otro lado, Hernández y Briceño (2009) menciona que factores como la temperatura, el pH y la presencia de oxígeno fueron identificados como influyentes en la velocidad y la extensión del oscurecimiento no enzimático, se detectó que esto llega a ser complejo lo que puede tener un impacto relevante en la calidad, aceptación de los alimentos, ya que estos mecanismos subyacentes y con la aplicación de estrategias son fundamentales para mantener su frescura y la calidad de los productos vegetales durante su procesamiento y almacenamiento.

2.4. Discusión de Los Resultados

El pardeamiento no enzimático es un proceso de deterioro que afecta la calidad y apariencia de los alimentos, especialmente frutas y verduras, causado por la reacción de compuestos fenólicos y polifenoles con aminoácidos y azúcares en presencia de oxígeno. Según (Serobot 2021), el pardeamiento enzimático es otra reacción que afecta a la mayoría de las frutas, verduras y mariscos. En este caso, las enzimas polifenol oxidasa, catecol oxidasa y otras estimulan la producción de melaninas y benzoquinona a partir de fenoles naturales.

Los compuestos inhibidores en la prevención del pardeamiento no enzimático incluyen ácido ascórbico (vitamina C), ácido cítrico, ácido tartárico, ácido málico, sulfitos y EDTA. Estos compuestos actúan como antioxidantes o agentes quelantes para prevenir la oxidación de los alimentos y la acción de los iones metálicos que pueden causar el pardeamiento no enzimático. Conuerdo con (Cobas 2020), estos compuestos antes mencionados se emplean mayoritariamente en industrias alimentarias con el fin de conservar la apariencia y calidad de los alimentos, especialmente frutas y verduras. Pero, cabe mencionar, que las plantas que no sufren de pardeamiento no enzimático generan alimentos frescos y sanos que pueden mantener su calidad y sabor por más tiempo, sin necesidad de conservantes o antioxidantes.

El pardeamiento no enzimático en las plantas genera como resultado una pérdida de nutrientes necesarios para el buen desarrollo de la planta. Por ello, la planta no podrá producir frutos y hortalizas de buena calidad, más bien, presentaran alteración en la textura, degeneración de compuestos bioactivos y variaciones en la percepción del sabor y el olor del producto final. Estos efectos pueden disminuir la calidad nutricional y la aceptabilidad de los alimentos, afectando así la ingesta de nutrientes. Según dice (Morato 2019), El pardeamiento no enzimático es el resultado de reacciones originadas por los compuestos que contienen azúcares reductores y los compuestos proteicos. Estas reacciones conducen a la formación de polímeros oscuros, que en algunos casos pueden ser deseables, como los destinados a los aromas de los productos cárnicos sintéticos o del café tostado.

El pardeamiento no enzimático en productos vegetales puede provocar pérdida de nutrientes, cambios en la textura, formación de compuestos no deseados y reducción de la biodisponibilidad de nutrientes, lo que afecta su valor nutricional y calidad general. Conuerdo con (Martín 2019), el pardeamiento enzimático afecta al color, sabor y valor nutricional de los alimentos, causando pérdidas económicas cuando el producto no se vende a tiempo al consumidor. Se estima que el pardeamiento enzimático echa a perder más del 50% del producto.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

Las reacciones químicas no enzimáticas en plantas, particularmente asociadas al desdoblamiento de azúcares, desencadenan el oscurecimiento no enzimático, afectando visualmente la calidad de productos vegetales. Este proceso implica la descomposición de azúcares, generando productos finales que influyen en la coloración de los tejidos. Factores ambientales como temperatura, pH y la presencia de oxígeno activan este proceso.

La identificación y comprensión de compuestos inhibidores en la prevención del pardeamiento no enzimático representan un paso significativo hacia la mejora de la contrarrestar el proceso de desgaste de frutas, hortalizas y otros productos alimenticios causado por reacciones químicas no enzimáticas en el desarrollo de la planta, que inducen a variaciones no deseadas en el aspecto, sabor y textura del fruto de la planta. Es por eso, que se busca prevenir este proceso mediante la aplicación de compuestos inhibidores y su interacción con los procesos bioquímicos implicados en el pardeamiento no enzimático. Mediante estos procesos se crean estrategias prácticas y sostenibles para conservar la calidad de los alimentos.

El pardeamiento no enzimático tiene un aspecto significativo para la composición nutricional de los productos finales de las plantas, puesto que, el óptimo desarrollo de la planta ha sido afectado por este factor, lo que conlleva a que haya una escasa disponibilidad de nutrientes esenciales como vitaminas, antioxidantes y compuestos fenólicos en los frutos y hortalizas. Lo que comprende que su consumo no tenga las propiedades nutricionales adecuadas para una alimentación saludable y equilibrada.

3.2. Recomendaciones

El empleo práctico de técnicas innovadoras para contrarrestar los efectos del pardeamiento no enzimático en las plantas, nos brinda la oportunidad para desarrollar mejoras en la seguridad alimentaria y satisfacer las necesidades nutricionales de la población en constante crecimiento. Por ello, al conocer y abordar el impacto del pardeamiento no enzimático en la calidad nutricional de los productos vegetales, nos ayuda a identificar los problemas que conlleva este fenómeno en nuestras plantas y poder contrarrestarlos a tiempo e impedir pérdidas económicas en nuestros cultivos.

Es importante, fomentar la colaboración entre científicos de diversas disciplinas, como la química, la biología molecular y la tecnología de alimentos, así como también, con los profesionales de la agricultura para facilitar el descubrimiento y la evaluación de nuevos compuestos inhibidores, así como mejorar la comprensión de los mecanismos subyacentes del pardeamiento no enzimático.

Se recomienda realizar estudios piloto y ensayos a gran escala para diagnosticar la efectividad y la viabilidad económica de los compuestos inhibidores identificados en condiciones reales de producción de alimentos. Además, se debe considerar la optimización de los métodos de aplicación y dosificación de los compuestos inhibidores para garantizar su efectividad sin generar riesgos en la calidad ni la seguridad de los productos alimenticios.

Este avance permitirá beneficiar no solo a los productores y consumidores a que se reduzcan las pérdidas de postcosecha y potenciar la calidad de los productos, sino que también, generará un impacto positivo en la economía y la seguridad alimentaria a nivel mundial. Es así que, la aplicación efectiva de compuestos inhibidores representa un importante avance en la conservación de alimentos y en la satisfacción de las crecientes demandas de una población en constante expansión.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias Bibliográficas

- Alvarez, G. 2009. La ciencia de los alimentos y el pardeamiento enzimático. *Repositorio Institucional Digital UNAP. Facultad de Industrias Alimentarias. Edu.pe*. En línea. Consultado 08 de ene. de 2024. Disponible en <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1726>
- Aquino, E. 2002. Estudio Del Mecanismo De Oscurecimiento En Jícama Mínimamente Procesada- *Repositorio Universidad Autónoma De Querétaro. Uaq.mx*. Consultado 15 de ene. de 2024. Disponible en <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/964/1/RI004069.pdf>
- Arias, S. & López, D. 2019. Reacciones químicas de los azúcares simples empleados en la industria alimentaria. *Repositorio Universidad Católica Luis Amigó. Redalyc.org*. En línea. Consultado 09 de ene. de 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964509011/html/>
- Badui, S. 2006. Química de los alimentos. *Pearson Educación de México, S.A. de C.V. Cuarta edición. Edu.ar*. Consultado 13 de ene. de 2024. Disponible en <https://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/libro-badui200626571.pdf>
- Beatriz. 2018. Antioxidantes, ¿qué son y para qué sirven? *Fundación Española del Corazón*. Consultado 17 de febrero de 2024. Disponible <https://fundaciondelcorazon.com/blog-impulso-vital/3250-antioxidantes-ique-son-y-para-que-sirven.html>
- Bengmark, S., & Gil, A. 2007. Productos finales de la glicación y de la lipoxidación como amplificadores de la inflamación: papel de los alimentos. *Nutricion hospitalaria: organo oficial de la Sociedad Espanola de Nutricion Parenteral y Enteral*, 22(6), 625–640. Consultado 16 de

febrero de 2024. Disponible
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112007000800001

Blanco, M. (29 de Julio de 2020). ¿Por qué se oscurecen las frutas y las hortalizas? *El pardeamiento enzimático de los alimentos*. Obtenido de La Química Orgánica en los Alimentos: <https://deciencias.me/pardeamiento-enzimatico-en-alimentos/>

Bravo, E & Vélez, E. 2016. Efecto De La Temperatura Y Adición De Ácido Ascórbico En El Pardeamiento Enzimático De La Pulpa De Mate (*Crescentia*). *Repositorio Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. ESPAMMFL.Edu.ec*. Consultado 11 de febrero de 2024. Disponible <https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/265/1/TAI106.pdf>

Cabezas, A. 2013. Estrategias dirigidas a retrasar el pardeamiento enzimático en productos destinados a la IV Gama: alcachofas y patatas. *Repositorio Universidad De Córdoba Y Università Di Foggia. Uco.es*. Consultado 13 de ene. de 2024. Disponible en <https://acortar.link/w05l3v>

CARCHIPULLA, J. 2019. Uso De Antioxidantes Para Evitar El Pardeamiento En Aguacate (*Persea Americana*) Mínimamente Procesados En Fresco M.P.F (Cuarta Gama). *Repositorio Universidad Agraria Del Ecuador. Edu.Ec*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CARCHIPULLA%20VELARDE%20JHOSTYN%20ALEXANDER.pdf>

Cardona, F. 2020. Alteraciones no microbianas en alimentos: el pardeamiento y el enranciamiento. *Repositorio. Universidad politécnica de Valencia. Upv.es*. Consultado 13 de ene. de 2024. Disponible en <https://acortar.link/CXX3jw>

- Cedeño, L. 2017. Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en Alimentos. *Repositorio Universidad Técnica De Machala (UTMACH) Edu.ec*. Consultado 14 de febrero de 2024. Disponible <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12514/1/FunamentosBasicosDelIngenieriaQuimica.pdf>
- Cobas, M. 2020. Evaluación del pardeamiento no enzimático en alimentos derivados de cereales (En línea, sitio web). Consultado 06 feb. 2024. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1342034>
- Denoya, G. I., Ardanaz, M., Sancho, A. M., Benítez, C. E., Gonzaez, C., & Guidi, S. (2012). Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 38(3), 263–267. Consultado 11 de febrero de 2024. Disponible <https://acortar.link/n4Bqbf>
- GARAY, M. 2019. Reacciones De Pardeamiento Presentes Durante El Procesamiento De Puré De Banano Que Afectan Su Calidad Y Sus Posibles Soluciones. *Repositorio Universidad Técnica De Machala (UTMACH). Edu.ec*. Consultado 17 de febrero de 2024. Disponible <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13586/1/GARAY%20AUCAY%20MICHAEL%20GUILLERMO.pdf>
- Gimferrer, N. 2009. Evitar el oscurecimiento de los alimentos. *Consumer |; Eroski Consumer*. Consultado 17 de febrero de 2024. Disponible <https://acortar.link/j0IPfz>
- González G. 2021. Interacción Del Óxido Nítrico (No) Y Antioxidantes En El Fruto De Pimiento (*Capsicum Annuum L*): Estudio Transcriptómica, Proteómico Y Funcional. *Repositorio Universidad De Granada Consejo Superior De Investigación Científicas CSIC. Ugr.es*. Consultado 10 de

febrero de 2024. Disponible
<https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/70710/75539%281%29.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

González, L. 2018. El uso de antioxidantes naturales en la cocción de alimentos para reducir los productos tóxicos derivados de la reacción de Maillard. *Revista ciencias. Revistacienciasunam.com*. Consultado 16 de febrero de 2024. Disponible <https://acortar.link/BA0nzL>

Guanochanga, J. 2021. Diseño de un proceso tecnológico para la obtención de pulpa congelada a partir de orito (*Musa acuminata* AA) para la Planta Hortofrutícola Ambato PLANHOFA. *Repositorio Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencias E Ingeniería En Alimentos Y Biotecnología Edu.ec*. Consultado 12 de ene. de 2024. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32660/1/AL%20784.pdf>

Hernández, A., Gregorio, J., & León, P. 2022. El papel de los azúcares como moléculas de señalización en las plantas. *Tip revista especializada en ciencias químico-biológicas. Departamento de Biología Molecular de Plantas, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México*. Consultado 12 de ene. de 2024. Disponible en <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.519>

Hernández, E., & Briceño, L. 2009. Evaluación del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento en congelación del puré de palta (*Persea americana* Mill) Var. Hass. *Fundación Dialnet. Anales científicos UNALM Vol. 70 N° 4. Unirioja.es*. Consultado 4 de febrero de 2024. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6171104.pdf>

Ideagro. 2019. La importancia de la actividad enzimática en el suelo para la agricultura. *Ideagro an Alltech company*. Consultado 19 de febrero de

2024. Disponible <https://ideagro.es/la-importancia-de-la-actividad-enzimatica-en-el-suelo-para-la-agricultura/>

Iradi, M. 2016. Estudio de la actividad antioxidante de diversas plantas aromáticas y/o comestibles. *Repositorio Universidad Politécnica De Cataluña Barcelonatech.Tdx.cat*. Consultado 17 de febrero de 2024. Disponible:<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/403986/TMGGI1de1.pdf?>

Infive. (25 de enero de 2023). Funciones y síntesis del ácido ascórbico (Vitamina C) en plantas. Obtenido de Infive: <https://infive.conicet.gov.ar/funciones-y-sintesis-del-acido-ascorbico-vitamina-c-en-plantas/>

Infoagro. (18 de Diciembre de 2019). Oscurecimiento de frutas y hortalizas en post-cosecha. Obtenido de Infoagro: <https://mexico.infoagro.com/deterioro-de-frutas-y-hortalizas-en-post-cosecha/>

ITS .2020. Factores que afectan la actividad enzimática. Química Bio-Orgánica. *Repositorio universidad de trabajo del Uruguay. Consejo de educación técnico profesional. Edu.uy*. Consultado 13 de febrero de 2024. Disponible <https://uruguayeduca.anep.edu.uy/sites/default/files/inline-files/Factores%20que%20afectan%20la%20actividad%20enzim%C3%A1tica.pdf>

Jadán, F. 2017. Control del pardeamiento enzimático en manzanas cortadas (Red delicious) mediante un sistema de envasado activo. *Enfoque UTE. Universidad Tecnológica Equinoccial. Redalyc.org*. Consultado 17 de febrero de 2024. Disponible <https://www.redalyc.org/journal/5722/572261627006/html/>

- Leighton, L. 2013. Factores que influyen en el pardeamiento no Enzimático. *Coursehero*. Consultado 12 de febrero de 2024. Disponible <https://www.coursehero.com/file/p4rf1ln/Factores-que-influyen-en-el-pardeamiento-no-enzim%C3%A1tico-naturaleza-de-los/>
- Lupano, C. 2013. Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. *Repositorio Universidad Nacional de La Plata. Edu.ar. - 1a ed. - La Plata*. Consultado 11 de febrero de 2024. Disponible <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/download/91/73/239-1>
- Lupano, E. 2013. Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. *Universidad Nacional de La Edu.ar*. Consultado 13 de febrero de 2024. Disponible <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/download/91/73/239-1>
- Manayay, D., & Ibarz, A. 2017. Modelamiento de la cinética de reacciones del pardeamiento no enzimático y el comportamiento reológico, en el proceso térmico de jugos y pulpas de fruta. *Scientia Agropecuaria, vol. 1. Universidad Nacional de Trujillo Trujillo. Perú. Redalyc.org*. Consultado 13 de ene. de 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/3576/357633695006.pdf>
- Márquez, E., Del Toro, C., Ruíz, S., Ramírez, J., & Uresti, R. 2015. ALIMENTOS FUNCIONALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS. Universidad Autónoma de Tamaulipas. *Investigación Científica y Tecnológica, Conacyt-Gobierno del Estado de Tamaulipas. Researchgate.net*. Consultado 4 de febrero de 2024. Disponible en <https://acortar.link/0j8QIA>
- Martín, F. 2016. Responsabilidad de las enzimas en el pardeamiento de frutas y verduras (y II). *restauracioncolectiva.com; Builtvisible*. En línea.

Consultado 11 de ene. de 2024. Disponible en <https://www.restauracioncolectiva.com/n/responsabilidad-de-las-enzimas-en-el-pardeamiento-de-frutas-y-verduras-y-ii>

Martín, F. 2019. Responsabilidad de las enzimas en el pardeamiento de frutas y verduras (*En línea, sitio web*). Consultado 06 feb. 2024. Disponible en: <https://www.restauracioncolectiva.com/n/responsabilidad-de-las-enzimas-en-el-pardeamiento-de-frutas-y-verduras-y-ii>

Martínez-González, M. E., Balois Morales, R., Alia-Tejacal, I., Cortes-Cruz, M. A., Palomino-Hermosillo, Y. A., & López-Gúzman, G. G. 2017. Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(19), 4075–4087. Consultado 19 de febrero de 2024. Disponible <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.674>

Merino, J & Noriega, M. 2013. FISIOLOGÍA GENERAL. *Repositorio universidad de Cantabria. Unican.es*. Consultado 10 de febrero de 2024. Disponible <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/715/course/section/397/Tema%25202B-Bloque%2520I-Enzimas.pdf>

Meza, J., Lozano, P., Esparza, J., & Meza, F. 2007. Inhibición Del Oscurecimiento Enzimático Y Cambios Texturales En Manzana Golden Delicious Tratada Con Jugo De Piña. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, vol. VI. Universidad Autónoma Chapingo Durango, México.* . Consultado 12 de febrero de 2024. Disponible <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545068001.pdf>

Montenegro, L, 2015. Estudio De La Inhibidores Del Pardeamiento Enzimático Por irradiación de la calidad postcosecha durante el almacenamiento refrigerado de la naranjilla (*Solanum Quitoense Lam.*) irradiada. *Biblioteca Escuela Politécnica Nacional Facultad De Ingeniería Química y Agroindustria. Edu.ec*. Consultado 3 de febrero de 2024. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12035/1/CD-6621.pdf>

Morato, N. 2019. Evitar el oscurecimiento de los alimentos (*En línea, blog*). Consultado 06 feb. 2024. Disponible en: <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/evitar-el-oscurecimiento-de-los-alimentos.html>

Nexticapa, M., & Vásquez, P. 2017. Manual de Prácticas de la Experiencia Educativa de: “Química de Alimentos”. *Repositorio Universidad Veracruzana. Facultad de Nutrición – Xalapa. Www.uv.mx*. Consultado 3 de febrero de 2024. Disponible en <https://www.uv.mx/nutrixal/files/2019/11/Manual-Quimica-de-alimentos.pdf>

ORTIZ, X. 2022. Efecto De La Aplicación De Recubrimientos Adicionados Con Antioxidantes Y Probióticos Sobre Las Características De Calidad De Rodajas De Aguacate Variedad Hass (Persea Americana). *Repositorio Benemérita Universidad Autónoma De Puebla. Buap.mx*. Consultado 18 de febrero de 2024. Disponible <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/7d847ffe-5bb0-4d9d-aacb-ec703c9faddb/content>

Paula, Flores. 2022. Alimentos de textura modificada: métodos de medida, evolución de las propiedades de la textura y del valor nutritivo. *Repositorio Universidad de Valladolid Facultad de Medicina. Uva.es*. Consultado 19 de febrero de 2024. Disponible <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/58495/TFM-M632.pdf?sequence=1>

Por admin. 2023. La Reacción De Maillard Y El Sabor De Los Alimentos Cocidos. *Miescuelitadigital.com*. En línea. Consultado 11 de ene. de 2024. Disponible en <https://miescuelitadigital.com/la-reaccion-de-maillard-y-el-sabor-de-los-alimentos-cocidos/>

Romojaro, M. 2016. Tratamientos Poscosecha para el Control de los Daños por Frío en Frutos Climatéricos y No Climatéricos. *Repositorio Universidad*

De Murcia. Tdx.Cat. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/396310/TMCRC.pdf;jsessionid=>

Serobot, G. 2021. Pardeamiento (En línea, blog). Consultado 06 feb. 2024. Disponible en: <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Pardeamiento>

Sourav, B. 2023. Factores que afectan la actividad enzimática. *Microbiology Note – Online Biology Notes*. Consultado 13 de febrero de 2024. Disponible <https://microbiologynote.com/es/factores-que-afectan-la-actividad-enzim%C3%A1tica/>

Vadefood. 2022. Pardeamiento enzimático: Qué es y cómo combatirlo. *Vadequimica.com*. Consultado 4 de febrero de 2024. Disponible en <https://www.vadequimica.com/blog/todos-los-articulos/pardeamiento-enzimatico.html>

Valenzuela V., C., & Pérez M., P. (2016). Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. *Revista Chilena de Nutrición. Redalyc.org*. Consultado 16 de febrero de 2024. Disponible <https://www.redalyc.org/pdf/469/46946547012.pdf>

Vargas, M., Figueroa, Héctor., Tamayo, J., & Toledo, V., 2018. Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. CIENCIA ergo-sum. *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva. Universidad Autónoma del Estado de México Redalyc.org*. Consultado 16 de febrero de 2024. Disponible <https://www.redalyc.org/journal/104/10458194006/html/>

Vazquez, A. 2021. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LOS METODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTO. *Repositorio Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Uam.mx*. Consultado 18 de febrero de

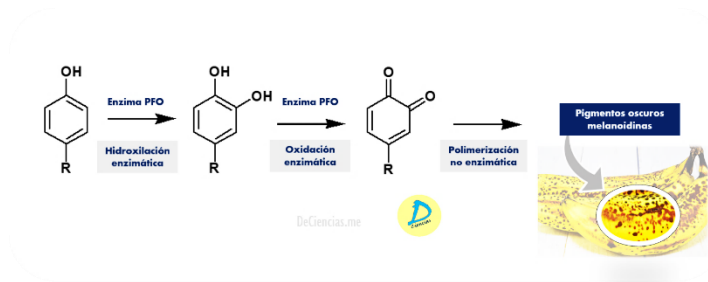
2024.

Disponible

<https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/26780/1/250178.pdf>

Yupangui, M. 2016. Métodos utilizados para evitar el pardeamiento enzimático y no enzimático en el puré de banano en la industria alimenticia. *Repositorio Universidad Técnica de Machala (UTMACH). Edu.ec.* Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7588>

4.2. Anexos



Anexo 1: ¿Por qué se oscurecen las frutas y las hortalizas? El pardeamiento.

Fuente: Blanco (2020)



Anexo 3: Funciones y síntesis del ácido ascórbico (Vitamina C) en plantas.

Fuente: Infive (2023)