JSTRI
JOURNAL OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH INDUSTRIAL

Journal of Scientific and Technological Research Industrial
ISSNe: 2961-211X

PROF-JSTRI-V-00
Vol. 6 N.º 1
(January - June, 2025)

Determinación de la actividad enzimática y el porcentaje de Inhibición de la PPO en las láminas de carambola post tratadas a escaldado y osmodeshidratado

Determination of the enzymatic activity and the percentage of PPO inhibition in the carom sheets post-treated by blanching and osmodehydration

Gina De La Cruz Calderón
Universidad Nacional del Santa, Perú

Elza Berta Aguirre Vargas
eaguirre@uns.edu.pe
Universidad Nacional del Santa, Perú

Resumen

Este estudio evalúa la actividad enzimática y el porcentaje de Inhibición de la PPO en láminas de carambola tratadas con escaldado y osmodeshidratación para mejorar su estabilidad y calidad. La investigación se llevó a cabo, aplicando un diseño experimental factorial 2k con dos factores principales: tiempo de escaldado (10 y 30 segundos) y concentración de sacarosa (50 y 60 °Brix). Los resultados mostraron que el tiempo de escaldado tiene un impacto significativo en la reducción de la actividad enzimática de la PPO, siendo más efectivo el tratamiento de 30 segundos. Por otro lado, la concentración de sacarosa mostró una influencia menor, aunque contribuyó a la variabilidad de los datos. El tratamiento óptimo para la inhibición de la PPO alcanzó un 82.76% con un escaldado prolongado y una concentración intermedia de sacarosa. Esto evidencia que el escaldado es crucial para controlar el pardeamiento enzimático, mientras que la osmodeshidratación complementa el proceso al limitar la disponibilidad de agua para la acción enzimática. Se concluye que la combinación de tratamientos térmicos y osmóticos permite mejorar la calidad fisicoquímica y la estabilidad enzimática de la carambola procesada, sugiriendo la optimización de estas variables para su aplicación en productos derivados.

Palabras claves: Polifenol oxidasa (PPO), Escaldado, Osmodeshidratación, Carambola, Estabilidad enzimática.

Abstract

This study evaluates the enzymatic activity and the percentage of PPO Inhibition in starfruit slices treated with blanching and osmodehydration to improve their stability and quality. The research was carried out, applying a 2k factorial experimental design with two main factors: blanching time (10 and 30 seconds) and sucrose concentration (50 and 60 °Brix).

The results showed that blanching time has a significant impact on the reduction of PPO enzymatic activity, with the 30-second treatment being more effective. On the other hand, sucrose concentration showed a minor influence, although it contributed to the variability of the data. The optimal treatment for PPO inhibition reached 82.76% with prolonged blanching and an intermediate concentration of sucrose. This shows that blanching is crucial to control enzymatic browning, while osmodehydration complements the process by limiting the availability of water for enzymatic action. It is concluded that the combination of thermal and osmotic treatments allows improving the physicochemical quality and enzymatic stability of the processed star fruit, suggesting the optimization of these variables for their application in derived products.

Keywords: Polyphenol oxidase (PPO), Blanching, Osmodehydration, Star fruit, Enzyme stability.

OPEN ACCESS

Publicado: 05/02/2025
Aceptado: 05/02/2025
Recibido: 19/01/2025

Open Access
Article scientific
https://doi.org/10.47422/jstri.v6i1.57

INTRODUCCIÓN

La carambola (Averrhoa carambola), conocida también como estrella por la forma de su fruto, es una fruta tropical originaria del sudeste asiático, que ha ganado popularidad en diversos mercados internacionales debido a su sabor ácido-dulce y su alta concentración de vitamina C, fibra y antioxidantes. En los últimos años, la exportación de carambola ha experimentado un crecimiento significativo, tanto a nivel nacional como internacional, especialmente en mercados de América del Norte, Europa y Asia.

El comercio internacional de carambola ha aumentado significativamente en la última década, impulsado por la creciente demanda de frutas tropicales en mercados internacionales. Según el informe de la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2024), la exportación global de frutas tropicales como la carambola ha visto un incremento del 8% anual, destacándose principalmente en países como Tailandia, Filipinas y Vietnam. Estos países lideran la exportación mundial debido a sus condiciones climáticas favorables y su infraestructura agrícola especializada.

En América Latina, países como Costa Rica, Colombia, México y Brasil son los principales productores y exportadores de carambola. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2023), la exportación de carambola en América Latina ha mostrado un crecimiento constante en los últimos años, con un incremento del 10% en los volúmenes exportados en comparación con la década anterior.

A pesar del crecimiento sostenido en las exportaciones de carambola, los productores enfrentan varios desafíos. Uno de los principales problemas es la perecibilidad de la fruta, lo que dificulta su transporte a mercados distantes sin perder calidad. Para superar este obstáculo, la industria ha adoptado tecnologías de conservación como el empaque en atmósferas controladas y el uso de transportes refrigerados (Mehta, 2023; Teixeira et al., 2007).

Una oportunidad emergente para los productores de carambola es el crecimiento de la demanda en el mercado de alimentos saludables y funcionales. La carambola, con su perfil nutricional, es ideal para posicionarse en mercados que valoran los superalimentos. Las empresas han comenzado a comercializar la fruta no solo en su forma fresca, sino también en jugos, pulpas y productos procesados (Luan et al., 2021). Además, el creciente interés por los productos exóticos y la incorporación de frutas tropicales en la gastronomía de vanguardia podría seguir impulsando la demanda.

La polifenoloxidasa es una enzima clave en el proceso de oxidación de compuestos fenólicos, que en presencia de oxígeno y en condiciones específicas, produce melaninas que provocan la decoloración de frutas y hortalizas. En el caso de la carambola, la acción de la PPO no solo afecta la apariencia de la fruta, sino que también puede alterar su valor nutricional y la calidad sensorial del producto final. La actividad de la PPO en la carambola puede verse influenciada por diversos factores, tales como el tiempo de escaldado, la temperatura de tratamiento y el proceso de deshidratación (Pérez-Tello et al., 2001).

Los tratamientos térmicos como el escaldado son comúnmente utilizados para reducir la actividad de las enzimas, incluida la polifenoloxidasa, en frutas y verduras. El escaldado implica sumergir la fruta en agua caliente o vapor por un corto período, lo que permite inactivar la PPO y, por ende, minimizar la oxidación post-cosecha (Petruzzi et al., 2017). Sin embargo, el escaldado no es suficiente para preservar la textura y otros atributos nutricionales de la carambola, especialmente en el caso de las frutas deshidratadas.

La osmodeshidratación, un proceso que involucra la deshidratación parcial de la fruta mediante un tratamiento con soluciones osmóticas (generalmente azúcares o soluciones salinas), es una alternativa efectiva que permite la conservación de la fruta mientras se minimizan las pérdidas de nutrientes. Este proceso también tiene un impacto significativo sobre la actividad de la polifenoloxidasa, ya que puede reducir la tasa de oxidación al limitar la disponibilidad de agua libre para la acción de la PPO (Quiles et al., 2005). Sin embargo, la eficacia de la osmodeshidratación en la inhibición de la PPO depende de diversos factores, como la concentración de la solución osmótica y el tiempo de tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, ubicada en el distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca, Perú, con latitud -6.5299° y longitud -78.6464°. Este Centro Poblado está situada a una altitud promedio de 2,441 metros sobre el nivel del mar.

Métodos de la investigación

El método empleado para esta investigación fue el experimental.

Diseño experimental

El diseño experimental en esta investigación fue el diseño factorial $2^k = 2^2$, siendo k los factores de estudio: Factor A (tiempo de escaldado) Factor B (Concentración de

sacarosa), cada factor tiene 2 niveles; se trabajó con 3 réplicas por cada tratamiento (n), obteniendo 12 unidades experimentales.

Tabla 1

Corridas experimentales utilizando el Diseño factorial 2^2.

Tratamiento	Rep	Tiempo de Escaldado (s)	Concentración de sacarosa (°Brix)	Actividad enzimática (ΔUAbs $min^{-1}mg^{-1}$ de proteína)	Inhibición PPO (%)
T1	R_1	10	50		
	R_2	10	50		
	R_3	10	50		
T2	R_1	10	60		
	R_2	10	60		
	R_3	10	60		
T3	R_1	30	50		
	R_2	30	50		
	R_3	30	50		
T4	R_1	30	60		
	R_2	30	60		
	R_3	30	60		

Población y muestra

Está formado por la fruta carambola (Averrhoa carambola) en estado de madurez intermedio (estadío 4 y 5) comprada en el Mercado Central de Chota, proveniente de la zona productora de Jaén.

La muestra de 15 kg. de carambola, se seleccionaron por tamaño con medidas aproximadas de longitud de 9-12 cm, diámetro de 5-6 cm. luego son seleccionadas, lavadas, desinfectadas y cortadas en láminas de Aprox. 0.5 cm de espesor, siguiendo la metodología descrita por Pucuhuayla Cruz & Valdivieso Tomas (2018).

Pretratamiento del escaldado

Las láminas de carambola fueron escaldadas a diferentes tiempos (10 y 30 segundos) a una temperatura de 70°C, en una relación agua y fruta de 3:1 para inhibir las enzimas causantes del pardeamiento.

Pretratamiento de la osmodeshidratación

Luego del proceso de escaldado las láminas de carambolas fueron sometidas en una concentración de sacarosa (50 y 60°Brix), para invertir la sacarosa se añadirá ácido cítrico al 0.15% en temperatura de ebullición, se trabajó con una relación de 1:3 fruta y jarabe en peso; por un periodo de 4 horas a una temperatura ambiente, las carambolas son retiradas de la solución osmótica para luego realizar un enjuague y luego fueron secadas evitando el exceso de humedad en la superficie.

Determinación de actividad PPO (polifenol oxidasa)

Preparación del Extracto enzimático. Para la preparación del extracto enzimático se siguió el método de Arrazola-Paternina et al. (2016). Se realizó la extracción de las enzimas de las láminas de carambolas que fueron sometidas a diferentes tiempos de escaldado y osmodeshidratación. Se prepararon los extractos enzimáticos considerando la relación de 0,5 ml de muestra de extracto de carambola con 5 mL buffer fosfato 0,2 M con pH 7. Luego las muestras son agitadas por un tiempo de 1 hora en el agitador magnético, para ser luego refrigerados por un tiempo de 15 min a 4°C. seguido las muestras son centrifugadas a 4000 RPM por un periodo de 15 min, luego el sobrenadante fue recolectado y almacenado a 4°C.

Determinación de la actividad de la PPO: Para determinar la actividad del polifenol oxidasa se utilizó el método modificado por (Burga Muñoz, 2021), un espectrofotómetro UV/VISIBLE a 420 nm y 30 °C, previamente fue calibrado, se realiza las primeras lecturas con la muestra patrón que contiene el extracto de las láminas de carambola de cada tratamiento; con 0.5 mL de extracto enzimático (1 mL de solución de catecol al 1% y 2 mL de buffer fosfato 0,2 M, que actuaron como regulador de pH a neutro) en una celda de 0.5 mL, cada una medida con una muestra en blanco. La absorbancia se medió tres veces en un periodo de 3 min, y se expresó en ΔUAbs min^{-1} mg^{-1} proteína (variación de unidades de absorbancia por minuto por gramo de proteína). El porcentaje de inhibición (%Inh) de la Polifenol oxidasa se determinó con:

$$\%\, Inh = \frac{(A_0 - A)}{A_0} x100 \quad \text{.....Ecuación (1)}$$

Donde:

A_0: Actividad de la PPO del extracto fresco

A: Actividad de la PPO en cada tratamiento

RESULTADOS

Evaluación de la Actividad enzimática

En la Tabla 2 se muestra la actividad enzimática de la Polifenol oxidasa PPO en las láminas de carambolas que fueron sometidas a diferentes tiempos de escaldado y concentraciones de sacarosa, los tratamientos 3 y 4 presentan valores de la actividad enzimática de 0.020 y 0.025 ΔUAbs $min^{-1}mg^{-1}$ de proteína respectivamente, los tratamientos 1 y 2 presentan valores de la actividad enzimática de 0.035 y 0.036 ΔUAbs $min^{-1}mg^{-1}$ de proteína respectivamente. Los tratamientos 3 y 4 corresponde aquellos donde se aplicó más tiempo de escaldado (30 segundos) y los tratamientos 1 y 2 se aplicó menor tiempo de escaldado (10 segundos), esto indica que a mayor tiempo de escaldado la actividad enzimática de las láminas de carambola es menor. Asi mismo se evidencia que un aumento en la concentración de sacarosa se relaciona con un incremento de la actividad enzimática en las láminas de carambola.

Tabla 2

Actividad enzimática de la PPO en la carambola sometidas a diferentes tiempos de escaldado (10 y 30 segundos) y concentración de sacarosa (50 y 60°Brix)

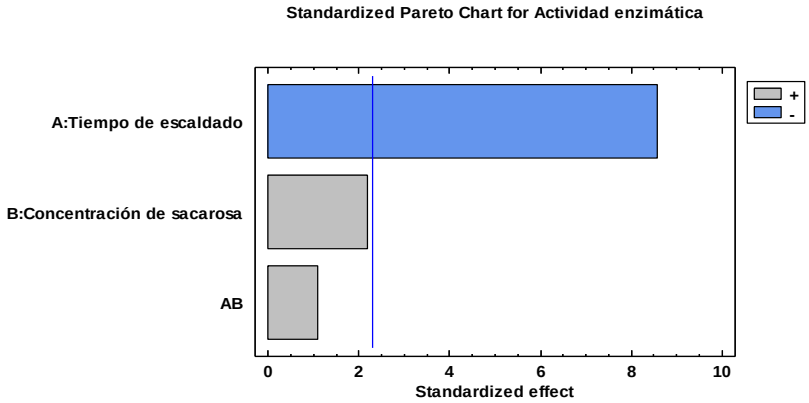
Tratamiento	Tiempo de Escaldado (s)	Concentración de sacarosa (°Brix)	Actividad enzimática (ΔUAbs $min^{-1}mg^{-1}$ de proteína)
T1	10	50	0.035
T2	10	60	0.036
T3	30	50	0.02
T4	30	60	0.025

La Figura 1 muestra la magnitud y relevancia estadística de los factores estudiados en relación con los datos de la actividad enzimática. Se puede evidenciar que el factor A (Tiempo de escaldado) presenta el mayor efecto lo que indica que influye significativamente en los valores de la actividad enzimática, asi mismo el factor B (Concentración de sacarosa) y la interacción entre ambos factores (AB) no presentan efecto significativo en los valores de la actividad enzimática.

Se evidencia la importancia del control del tiempo de escalado como variable clave en el control y optimización de la actividad enzimática en láminas de carambola, y aunque los datos muestran que la concentración de sacarosa contribuye al incremento en la actividad enzimática, el tiempo de escaldado es más decisivo en los valores de la respuesta de la actividad enzimática.

Figura 1

Diagrama de Pareto de interacción de factores sobre el efecto del valor de la Actividad enzimática



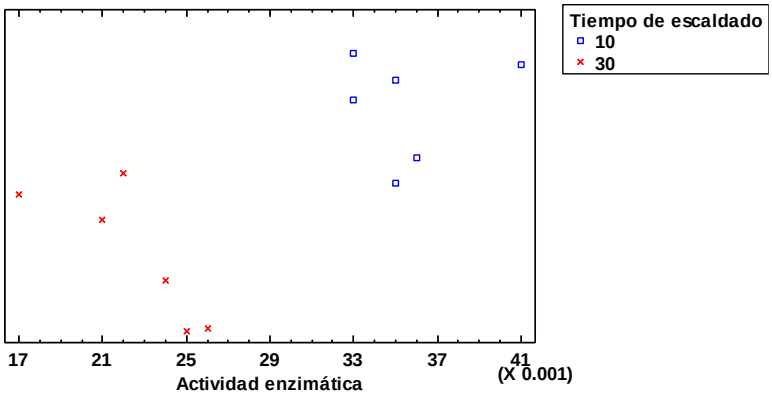
La figura 3 muestra la relación entre la actividad enzimática y los tiempos de escaldado (10 y 30 segundos). Los puntos representados con círculos azules corresponden a un tiempo de escaldado de 10 segundos, mientras que los puntos marcados con cruces rojas representan un tiempo de escaldado de 30 segundos.

Se observa una tendencia en la que los valores de actividad enzimática tienden a ser menores para un tiempo de escaldado de 30 segundos, situándose entre los valores entre 0.017 y 0.026 ΔUAbs $min^{-1}mg^{-1}$ de proteína, en comparación con el tiempo de escaldado de 10 segundos donde los valores se encuentran entre 0.033 a 0.041 ΔUAbs

$min^{-1}mg^{-1}$ de proteína. Esto muestra que a mayor tiempo de escaldado provoca una disminución significativa de los valores de la actividad enzimática posiblemente a una mayor desnaturalización de las enzimas, mientras que un tiempo reducido favorece la conservación de la actividad enzimática.

Figura 3

Diagrama de dispersión de los valores de la Actividad enzimática



Evaluación del Porcentaje de Inhibición PPO

En la Tabla 3 se muestra la actividad enzimática de la Polifenol oxidasa PPO de las carambolas que fueron sometidas a un tiempo de escaldado de 10 y 30 segundos en concentraciones de sacarosa de 50 y 60 °Brix respectivamente.

En la Tabla 2 se muestra el porcentaje de inhibición de la Polifenol oxidasa PPO en las láminas de carambolas que fueron sometidas a diferentes tiempos de escaldado y concentraciones de sacarosa, los tratamientos 1 y 2 presentan valores de Inhibición de la PPO de 69.47 y 69.05% respectivamente, los tratamientos 3 y 4 ppresentan valores de iinhibición de la PPO de 82.76 y 77.48% respectivamente. El tratamiento 3 presentó el porcentaje de inhibición de la PPO más alto, alcanzando 82.76% lo que demuestra que un tiempo prolongado de escalado combinado con una concentración intermedia de sacarosa, mejora de manera significativa la Inhibición de la PPO.

Los resultados sugieren que el tiempo de escaldado tiene un impacto considerable en el porcentaje de inhibición de la PPO, mientras que la concentración de sacarosa influye de manera dependiente del tiempo. Las combinaciones óptimas de estas variables podrían emplearse para mejorar la calidad y estabilidad de los productos elaborados a partir de carambola.

Tabla 3

Porcentaje de Inhibición de la PPO en la carambola sometidas a diferentes tiempos de escaldado (10 y 30 segundos) y concentración de sacarosa (50 y 60°Brix)

Tratamiento	Tiempo de Escaldado (s)	Concentración de sacarosa (°Brix)	Inhibición PPO (%)
T1	10	50	69.47
T2	10	60	69.05
T3	30	50	82.76
T4	30	60	77.48

La figura 4 muestra la relevancia de los factores evaluados en relación con su impacto sobre los valores del porcentaje de inhibición de la PPO en las láminas de la carambola, los factores evaluados fueron tiempo de escaldado (A), concentración de sacarosa (B) y la interacción entre ambos factores (AB).

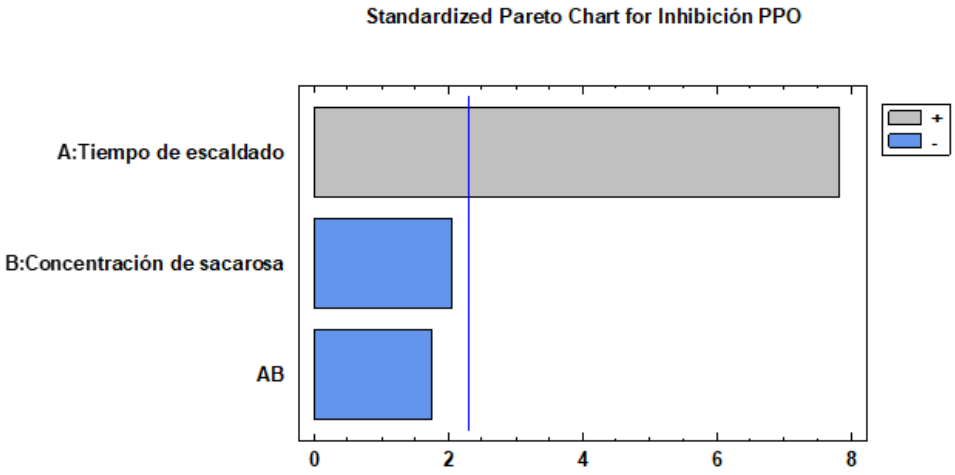
El factor A, es el factor que tiene mayor efecto positivo significativo sobre la inhibición de PPO con respecto a los demás factores, esto indica que el tiempo de escaldado es el principal determinante en la desactivación de la actividad enzimática. El factor B y la interacción de AB, muestran un efecto limitado no significativo sobre la inhibición de la PPO.

El análisis indica que el tiempo de escaldado es el factor más crítico para maximizar la inhibición de PPO, mientras que la concentración de sacarosa puede ser ajustada como

una variable complementaria. La interacción entre ambos factores no es estadísticamente relevante en este contexto.

Figura 4

Diagrama de Pareto de interacción de factores sobre el efecto del valor del % de Inhibición de la PPO



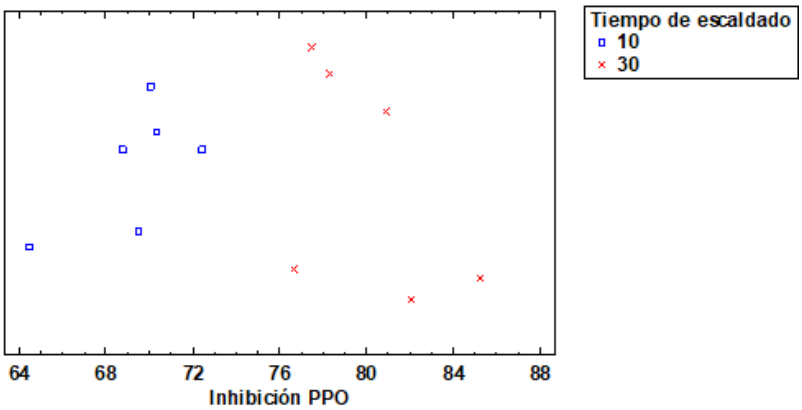
La Figura 5 representa la relación entre los valores del porcentaje de inhibición de la PPO y el tiempo de escaldado (10 y 30 segundos) aplicados a las láminas de la carambola. Los puntos están diferenciados por colores y símbolos según el tiempo de escaldado, representados con círculos azules corresponden a un tiempo de escaldado de 10 segundos, mientras que los puntos marcados con cruces rojas representan un tiempo de escaldado de 30 segundos. En el eje horizontal se muestra el porcentaje de inhibición de PPO, mientras que la dispersión de los puntos refleja la variabilidad de los resultados para cada combinación de tiempo de escaldado y otros factores asociados como la concentración de sacarosa.

Se observa para un tiempo de escaldado de 10 segundos, los valores de inhibición de PPO se agrupan en un rango inferior (64% a 76%), lo que indica un efecto moderado sobre la actividad enzimática. Para un tiempo de escaldado de 30 segundos**,** los valores de inhibición de PPO se distribuyen en un rango superior (74% a 88%), sugiriendo un efecto más pronunciado en la reducción de la actividad de PPO.

La tendencia indica que un tiempo de escaldado más prolongado contribuye a una mayor inhibición de PPO, lo cual coincide con los resultados estadísticos previos (como en el análisis de Pareto). Este diagrama permite visualizar claramente la influencia del tiempo de escaldado en la inhibición de PPO, destacando la importancia de esta variable en el tratamiento térmico de carambola para mejorar su estabilidad enzimática.

Figura 5

Diagrama de dispersión de los valores del % de Inhibición de la PPO



DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en la evaluación de la actividad enzimática de la PPO muestran que a mayor tiempo de escaldado la actividad enzimática de las láminas de carambola es menor, coincidiendo con lo reportado por Martinez et al. (2003) que demuestran cómo el escaldado influye en la actividad enzimática en mango, encontrando que el tratamiento térmico previo reduce la actividad enzimática y, en algunos casos, mejora el color de las frutas. Estos hallazgos son consistentes con la tendencia de nuestros datos, donde el escaldado influye significativamente en la actividad enzimática. Así mismo Pérez-Tello et al. (2001) menciona que el tiempo de escaldado puede influir significativamente en la actividad enzimática de las láminas de carambola, infiriendo que el tratamiento térmico, como el almacenamiento a diferentes temperaturas, afecta la actividad de enzimas como la peroxidasa (POD) y el polifenol oxidasa (PPO). De igual forma Barman & Badwaik, (2017) encontró que el aumento de la concentración de sacarosa está relacionado con cambios en la actividad enzimática de las láminas de carambola. Además, durante la deshidratación osmótica de las láminas de carambola, se utilizaron agentes osmóticos como la sacarosa, y se observó que la concentración de estos agentes afecta la pérdida de agua y la ganancia de sólidos, lo que podría influir indirectamente en la actividad enzimática, también (Teixeira et al., 2012) muestra que la actividad de las enzimas se correlacionó con la temperatura de almacenamiento y la duración, destacando la importancia del control del tiempo y las condiciones de almacenamiento en la actividad enzimática.

Con respecto a los datos evaluados de la inhibición de la PPO muestran que el tiempo de escaldado es el factor más crítico para maximizar la inhibición de PPO, mientras que la concentración de sacarosa puede ser ajustada como una variable complementaria., coincidiendo con lo reportado por Arrazola-Paternina et al. (2016) que evaluaron diferentes combinaciones de tiempo y temperatura de escaldado en la actividad de la PPO en batata. Los resultados mostraron una reducción significativa de la actividad enzimática, alcanzando hasta un 86.8% de inhibición en ciertas condiciones, lo que subraya la eficacia del escaldado como método para controlar la actividad de la PPO, además evidencian que temperaturas más altas y tiempos prolongados de escaldado resultan en una mayor inhibición enzimática. Como también Nicoli et al. (1991) muestran que las soluciones de sacarosa tienen un efecto inhibidor leve sobre la PPO, los productos de la reacción de Maillard, obtenidos al calentar una solución de glucosa/glicina, causaron una inhibición fuerte de la PPO, lo que sugiere que la concentración de sacarosa y el tiempo de calentamiento influyen en la actividad de la PPO. Por otra parte Chen et al. (2017) demostraron que el escaldado fue efectivo para inhibir el pardeamiento enzimático del ñame, reduciendo la actividad de la PPO. Esto indica que el tiempo de escaldado es un factor importante para controlar la actividad de la PPO y las propiedades antioxidantes.

CONCLUSIONES

Se concluye que el tiempo del escaldado afecta de manera significativa la actividad enzimática de la PPO y el uso de sacarosa como agente osmótico influye en los datos obtenidos, afectando la calidad y las propiedades fisicoquímicas de las láminas de carambola.

El tiempo de escaldado tiene un impacto significativo en la inactivación de la PPO, afectando el color y la textura. La concentración de sacarosa también influye en la actividad de la PPO, especialmente cuando se combina con el tiempo de escaldado. Este estudio sugiere la optimización de estas variables para mejorar la estabilidad y calidad de los productos de la carambola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arrazola-Paternina, G., Alvis-Bermúdez, A., & García-Mogollon, C. (2016). Efecto del tratamiento de escaldado sobre la actividad enzimática de la polifenoloxidasa en dos variedades de batata (Ipomoea batatas Lam.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 10(1). https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.5125
2. Barman, N., & Badwaik, L. S. (2017). Effect of ultrasound and centrifugal force on carambola (Averrhoa carambola L.) slices during osmotic dehydration. Ultrasonics Sonochemistry, 34. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.05.014
3. Burga Muñoz, K. M. (2021). Estudio Comparativo de Dos Métodos de Inactivación de Polifenol Oxidasa en Rodajas de Yacón. Universidad Nacional Autónoma de Chota.
4. CEPAL. (2023). Economic survey of Latin America and the Caribbean : financing a sustainable transition investment for growth and climate change action.
5. Chen, X., Lu, J., Li, X., Wang, Y., Miao, J., Mao, X., Zhao, C., & Gao, W. (2017). Effect of blanching and drying temperatures on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant activities of yam flours. LWT, 82. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.058
6. FAO. (2024). Principales Frutas Tropicales. Análisis del mercado Resultados preliminares 2023.
7. Luan, F., Peng, L., Lei, Z., Jia, X., Zou, J., Yang, Y., He, X., & Zeng, N. (2021). Traditional Uses, Phytochemical Constituents and Pharmacological

Properties of Averrhoa carambola L.: A Review. Frontiers in Pharmacology, 12. https://doi.org/10.3389/FPHAR.2021.699899/PDF

8. Martinez, J., Calero, A., Ayala, A., Chiralt, A., & Fito, P. (2003). Efecto del escaldado sobre la deshidratación osmótica del mango. Ingenería y Competitividad, 27–33.
9. Mehta, S. D. H. (2023). Challenges of Star Fruit Averrhoa carambola: A Comprehensive Overview. International Journal of Science and Research (IJSR), 12(8), 2132–2135. https://doi.org/10.21275/SR23823113638
10. Nicoli, M. C., Elizalde, B. E., Pitotti, A., & Lerici, C. R. (1991). Effect of sugars and maillard reaction products on polyphenol oxidase and peroxidase activity in food. Journal of Food Biochemistry, 15(3). https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.1991.tb00153.x
11. Pérez-Tello, G. O., Silva-Espinoza, B. A., Vargas-Arispuro, I., Briceño-Torres, B. O., & Martinez-Tellez, M. A. (2001). Effect of temperature on enzymatic and physiological factors related to chilling injury in carambola fruit (Averrhoa carambola L.). Biochemical and Biophysical Research Communications, 287(4). https://doi.org/10.1006/bbrc.2001.5670
12. Petruzzi, L., Campaniello, D., Speranza, B., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., & Bevilacqua, A. (2017). Thermal Treatments for Fruit and Vegetable Juices and Beverages: A Literature Overview. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(4). https://doi.org/10.1111/1541-4337.12270
13. Pucuhuayla Cruz, E. R., & Valdivieso Tomas, M. N. (2018). Efecto del osmodeshidratado y secado por aire caliente sobre la capacidad antioxidante, B-carotenos, cinética y rehidratación en el liofilizado de carambola. Universidad Nacional del Centro del Perú.
14. Quiles, A., Hernando, I., Pérez-Munuera, I., Larrea, V., Llorca, E., & Lluch, M. Á. (2005). Polyphenoloxidase (PPO) activity and osmotic dehydration in Granny Smith apple. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(6). https://doi.org/10.1002/jsfa.2062
15. Teixeira, G. H. A., Durigan, J. F., Alves, R. E., & O'Hare, T. J. (2007). Use of modified atmosphere to extend shelf life of fresh-cut carambola (Averrhoa carambola L. cv. Fwang Tung). Postharvest Biology and Technology, 44(1). https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.007
16. Teixeira, G. H. A., Durigan, J. F., Ferraudo, A. S., Alves, R. E., & O'Hare, T. J. (2012). Multivariate analysis of fresh-cut carambola slices stored under different temperatures. Postharvest Biology and Technology, 63(1). https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.09.005