

Estudio de un proceso de secado para manzana deshidratada tratada con antioxidantes naturales

Analysis of a drying process for dehydrated apples with preservation of antioxidants

Luis Franklin Maldonado Holguin

PUNTO CIENCIA.

Julio - diciembre, V°6 - N°2; 2025

Recibido: 16-11-2025

Aceptado: 28-11-2025

Publicado: 02-12-2025

PAIS

- Ecuador, Guayas

INSTITUCION

- Universidad Estatal de Milagro

CORREO:

 lmaldonadoh@unemi.edu.ec

ORCID:

 <https://orcid.org/0009-0002-7798-4653>

FORMATO DE CITA APA.

Maldonado, L. (2025). Estudio de un proceso de secado para manzana deshidratada tratada con antioxidantes naturales. *Revista G-ner@ndo*, V°6 (N°2). Pág. 3272 – 3288.

Resumen

El consumo de frutas deshidratadas ha aumentado en los últimos años debido a su practicidad, vida útil prolongada y concentración de nutrientes, los procesos térmicos involucrados en la deshidratación pueden reducir significativamente los compuestos bioactivos presentes en las frutas frescas, especialmente los antioxidantes naturales como los polifenoles. En este proyecto se evaluó el efecto de diferentes pretratamientos antioxidantes sobre la pérdida de humedad y la conservación de compuestos bioactivos en rodajas de manzana *Malus doméstica* "Gala" sometidas a secado por aire caliente (60 °C). Las muestras se dividieron en tres grupos: sin pretratamiento, inmersión en zumo de limón, e infusión de té verde durante 5 minutos. Se registró la pérdida de humedad a lo largo del proceso de secado hasta alcanzar peso constante. Posteriormente, las manzanas deshidratadas fueron analizadas en laboratorio para determinar el contenido total de polifenoles mediante el método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante usando el ensayo DPPH. El análisis estadístico mediante ANOVA de dos factores reveló diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, tanto por el tipo de pretratamiento como por el tiempo de secado. Se detectó una interacción significativa entre estos factores, lo que indica que el pretratamiento influye en la pérdida de humedad. En cuanto a los compuestos bioactivos, el pretratamiento con té verde resultó ser el más efectivo en la conservación tanto de polifenoles totales como de capacidad antioxidante, superando a los demás grupos. Estos hallazgos sugieren que el uso de antioxidantes naturales como el té verde puede mejorar la calidad funcional de manzanas deshidratadas.

Palabras clave: Secado, Manzana, Deshidratada, Antioxidantes, Polifenoles.

Abstract

The consumption of dehydrated fruits has increased in recent years due to their practicality, long shelf life and concentration of nutrients, the thermal processes involved in dehydration can significantly reduce the bioactive compounds present in fresh fruits, especially natural antioxidants such as polyphenols. In this project, the effect of different antioxidant pretreatments on moisture loss and the conservation of bioactive compounds in *Malus domestica* "Gala" apple slices subjected to hot air drying (60°C) was evaluated. The samples were divided into three groups: no pretreatment, immersion in lemon juice, and green tea infusion for 5 minutes. The loss of moisture was recorded throughout the drying process until a constant weight was reached. Subsequently, the dehydrated apples were analyzed in the laboratory to determine the total polyphenol content using the Folin-Ciocalteu method and the antioxidant capacity using the DPPH assay. The statistical analysis using two-factor ANOVA revealed significant differences between the treatments applied, both by the type of pretreatment and by the drying time. A significant interaction was detected between these factors, indicating that pretreatment influences moisture loss. Regarding bioactive compounds, pretreatment with green tea turned out to be the most effective in preserving both total polyphenols and antioxidant capacity, surpassing the other groups. These findings suggest that the use of natural antioxidants such as green tea can improve the functional quality of dried apples.

Keywords: Dried, Apple, Dehydrated, Antioxidants, Polyphenols.



Introducción

En la actualidad, donde la alimentación saludable marca tendencia, el secado de productos agrícolas se perfila como un método clave para conservar nutrientes, la manzana deshidratada, por ejemplo, gana protagonismo gracias a su versatilidad y valor nutricional. Preservar estos alimentos no es solo cuestión de eliminar humedad, sino de mantener intactos sus compuestos esenciales que aportan beneficios para la salud, el proceso de secado trasciende la simple conservación y se convierte en un verdadero arte culinario, técnicas como el secado por aire caliente o microondas permiten optimizar los antioxidantes, esos aliados que combaten el deterioro celular, la temperatura, el tiempo y las características originales de la fruta determinarán la calidad del producto.

Los antioxidantes son compuestos que se caracterizan por poseer grupos hidroxilo (-OH) enlazados a anillos bencénicos, la presencia de estos grupos sustituyentes permite inhibir o retardar la oxidación en las células. (Carbajal-Solis et al., 2022)

Durante siglos, el secado solar fue el principal método para preservar manzanas, especialmente en regiones templadas de Europa y América del Norte, donde esta fruta se cultivaba ampliamente. Las manzanas se cortaban en rebanadas finas y se colocaban sobre esteras o bandejas de madera al sol durante varios días.

El proceso de secado de frutas degrada la calidad tanto física (textura, color) como nutricional. El uso de indicadores de calidad, permite inferir acerca del estado nutricional de un alimento. El ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$), es un indicador de calidad ya que al ser uno de los nutrientes más sensibles al tratamiento térmico aplicado en frutas, su retención asegura que otros componentes permanezcan sin alterarse durante el procesamiento. (Gisela et al., 2024)

El secado de productos agrícolas, hierbas, frutas, etc., es un método de conservación de alimentos utilizado desde el Neolítico, utilizados con fines de la conservación, reducir el peso en el transporte y mejorar la calidad del producto final. En la actualidad el secado se emplea comercialmente en más de 50000 tipos de productos diferentes, a velocidades que varían entre unos pocos gramos por hora hasta toneladas por hora, en tiempos que oscilan entre pocos segundos a meses. Para ello, en la literatura se han reportado más de 500 tipos diferentes de secaderos de toda clase. (Oré García et al., 2020)

Las frutas y hortalizas son alimentos vegetales que aportan vitaminas (C, A, B 6, tiamina y niacina), minerales y fibra dietética a nuestra dieta. Además, en los alimentos de origen vegetal podemos encontrar una gran variedad de metabolitos secundarios (fitonutrientes) entre los que se incluyen como más relevantes polifenoles, carotenoides, monoterpenos, folatos y compuestos azufrados como glucosinolatos y tiosulfatos. (Maria Isabel et al., 2024)

Estos compuestos, con propiedades biológicas que van más allá de la nutrición, tienen una gran relevancia en la calidad de las frutas y hortalizas. Son responsables de las coloraciones anaranjadas y rojizas, así como también de las pardeadas, e influyen en el sabor astringente, picante o amargo de muchos alimentos vegetales. (Maria Isabel et al., 2024)

La apuesta a la sustentabilidad productiva depara buenos resultados a la agroindustria ecuatoriana y de manera particular al sector de frutas deshidratadas la cual busca alcanzar los objetivos del milenio 2030. El estado ecuatoriano busca llegar a competir con mercados internacionales de acuerdo a la oferta exportable que brinda, entre las frutas que destacan son: el durazno, manzana, fresa y mora. (Cajamarca Carrazco et al., 2020)

El secado de frutas es una de las técnicas más antiguas y eficaces para preservar alimentos, permitiendo extender su vida útil al reducir el contenido de humedad y, por ende, inhibir el crecimiento microbiano, la manzana (*Malus domestica*) es una fruta que sufre un deterioro muy acelerado por lo que su tratamiento de deshidratación se favorecerá su conservación, pero este tratamiento por temperatura genera perdida de compuestos bioactivos, sobre todo antioxidantes naturales como los polifenoles y flavonoides que benefician a la salud.

La incorporación de estrategias que permitan conservar la actividad antioxidante durante el secado se ha convertido en un tema de creciente interés, un análisis cuidadoso del proceso permite no solo conservar las propiedades funcionales de la fruta, sino también mejorar la calidad sensorial y el valor nutricional del producto final.

Este estudio se enfoca en evaluar cómo diferentes parámetros del proceso de secado influyen en la retención de antioxidantes en rodajas de manzana, considerando aspectos como la temperatura, el tiempo de exposición y el uso de agentes antioxidantes naturales, con el fin de optimizar el proceso para lograr un producto deshidratado de alta calidad.

La manzana es una fruta rica en antioxidantes, ampliamente consumida y fácilmente disponible. Optimizar su proceso de secado no solo representa una mejora tecnológica, sino también una oportunidad para ofrecer productos más saludables y competitivos en el mercado. Este estudio es relevante porque busca identificar condiciones de secado que permitan preservar mejor estos compuestos beneficiosos, lo cual tiene implicaciones tanto para la industria alimentaria como para la salud pública.

Además, el desarrollo de técnicas de secado más eficientes y menos destructivas puede contribuir al aprovechamiento de excedentes agrícolas, a la reducción de pérdidas postcosecha y al fomento de prácticas de procesamiento más sostenibles, en este contexto, la investigación propuesta aporta conocimiento valioso

para mejorar la calidad nutricional de alimentos procesados, respondiendo a la demanda creciente por productos naturales y funcionales.

La deshidratación de disminuye el contenido de agua en los alimentos como la manzana, esta disminución disminuye en gran medida el crecimiento de bacterias, mohos y levaduras, mejorando la seguridad microbiología de aumentando el tiempo de vida útil del alimento.

Al consumo del té verde (*Camellia sinensis*) se le ha asociado con efectos benéficos en la salud, mismos que, han sido atribuidos principalmente al potencial antioxidante de las catequinas. Las catequinas del té verde (CTV) han mostrado propiedades antinflamatorias, termogénicas, cardioprotectoras, hepatoprotectoras, entre otras. (García-Rodríguez et al., 2022)

La remoción de agua concentra nutrientes como azúcares, minerales y antioxidantes. Sin embargo, compuestos sensibles (como la vitamina C y algunos polifenoles) sí pueden degradarse, especialmente con calor alto o procesos prolongados. (Vega et al., 2019)

Métodos y Materiales

La metodología que se utilizó en esta investigación fue aplicada, se basó en un problema práctico optimizando el proceso de secado para conservar antioxidantes y polifenoles en la manzana, debido a que su finalidad no solo fue generar conocimiento teórico, sino utilizarlo para mejorar procesos de deshidratación en esta investigación.

Fue cuantitativa se midieron variables como la pérdida de humedad y su influencia en los diferentes pretratamientos que se utilizaron, utilizando instrumentos y análisis estadísticos. El enfoque metodológico sería el cuantitativo ya que este enfoque se basó en la recolección y análisis de datos numéricos. En este caso, la perdida de humedad en las horas de secado y lo que influyó el pretratamiento de cada muestra.

El té verde es rico en ácidos fenólicos y catequinas, mientras que el té negro lo es en teaflavina y tearubigina. Las cebollas, las manzanas y el propóleo contienen cantidades elevadas de miricetina y queracetina que aportan el color amarillo pálido.

(Macías Matos & Basabe Tuero, 2020)

Por ello, se aplican pretratamientos que permiten mitigar esta pérdida y preservar la calidad funcional del alimento. La manzana Gala cuando se somete a procesos de deshidratación, la retención de estos compuestos puede verse afectada por varios factores, incluyendo el tipo de pretratamiento aplicado antes del secado.

Los cítricos son reconocidos por sus propiedades beneficiosas para la salud, principalmente debido a su alto contenido en vitamina C y a otros componentes bioactivos, la mayoría de ellos con actividad antioxidante. (Cristina et al., 2024)

Pretratamiento con limón: una manera sencilla de impedir que las manzanas se comiencen a ponerse oscuras es sumergirlas en jugo de limón o rociarlas. El ácido ascórbico (vitamina C) está presente en muchos alimentos cítricos este es un antioxidante natural, es por este motivo su utilización de manera frecuente en la producción de alimentos, por este motivo utilizamos jugo de limón, debido a su bajo pH y alto contenido de ácido ascórbico, que actúa como antioxidante natural y agente antimelanina.

Pretratamiento con infusión de Té verde: El té es conocido por tener propiedades antioxidantes. En el procesamiento del té se produce un proceso de oxidación, en el como consecuencia se van a perder parte de propiedades antioxidantes pero estas pérdidas son relativamente pequeñas por lo que van a conservar la mayor parte de sus polifenoles.

El objetivo de aplicar un pretratamiento con limón y té verde es minimizar la oxidación enzimática de los polifenoles, un proceso que ocurre rápidamente tras el corte de la fruta y que puede reducir significativamente la actividad antioxidante.

El té verde posee características ligeramente ácidas que están en un rango de pH entre 6.0 y 6.6, la causa de su acidez se debe a la presencia de ácidos orgánicos naturales, como el ácido gálico, ácido oxálico y ácido ascórbico (vitamina C), además de polifenoles y catequinas estas últimas generan al sabor ligeramente amargo y astringente.

Se utilizaron manzanas de la variedad *Malus doméstica* “Gala”, seleccionadas por su estado de madurez uniforme, sin daños físicos ni signos de descomposición. En la preparación de las muestras las manzanas se lavaron, pelaron y cortaron en rodajas uniformes de aproximadamente 5 mm de grosor. Posteriormente, se dividieron en grupos según el tratamiento a aplicar.

En los pretratamientos con antioxidantes las rodajas se sumergieron durante 5 minutos en diferentes soluciones antioxidantes naturales:

- Infusión de té verde
- Zumo de limón natural

En el proceso de secado las muestras se sometieron a:

- Secado por aire caliente: en una estufa con ventilación forzada con temperatura de (60 °C), registrando el tiempo necesario para alcanzar peso constante.

Se usaron implementos de uso común en laboratorio de alimentos: Horno, balanza, cuchillos, bandejas, toallas desechables, Fundas ziploc

Material vegetal:

Se utilizaron manzanas de la variedad *Malus doméstica* “Gala”, seleccionadas por su estado de madurez uniforme, sin daños físicos ni signos de descomposición.

Preparación de las muestras:

Las manzanas se lavaron, pelaron y cortaron en rodajas uniformes de aproximadamente 5 mm de grosor. Posteriormente, se dividieron en grupos según el tratamiento a aplicar.

Pretratamientos antioxidantes:

Las rodajas se sumergieron durante 5 minutos en diferentes soluciones antioxidantes naturales:

- Infusión de té verde
- Zumo de limón natural

Proceso de secado, las muestras se sometieron a:

- Secado por aire caliente: en una estufa con ventilación forzada con temperatura de (60 °C), registrando el tiempo necesario para alcanzar peso constante.

La recolección de datos en este estudio se basó en las mediciones de perdida de humedad a través de las horas de secado, las cuales permitieron evaluar de manera objetiva el efecto de las horas de secado sobre los pretratamientos de las muestras, conservando la calidad nutricional y funcional de la manzana.

Se organizaron en tablas comparativas por tratamiento experimental y se analizan estadísticamente con software Excel.

Análisis de resultados

Métodos y técnicas de recolección de datos. Los métodos y técnicas que se sugirieron a la problemática son una metodología experimental y cuantitativa, centrada en la medición precisa de cómo el proceso de secado afecta la retención de antioxidantes en la manzana y el efecto de los pretratamientos en la perdida de humedad.

Método experimental. Permitió controlar y modificar condiciones del secado (temperatura, tiempo,) para observar sus efectos sobre las propiedades de la manzana deshidratada. Se realizaron tratamientos controlados y se midieron las respuestas.

Método analítico-laboratorio. Consistió en aplicar técnicas instrumentales para cuantificar compuestos antioxidantes y otras propiedades fisicoquímicas. Fue ideal para verificar el comportamiento de los compuestos bioactivos frente a diferentes tratamientos.

Análisis de antioxidantes:

Como la capacidad antioxidante total de una muestra viene determinada por interacciones sinérgicas entre diferentes compuestos antioxidantes, así como por el modo de acción concreto de cada uno de ellos, es necesario utilizar procedimientos adecuados en la extracción de antioxidantes y en la medida de capacidad antioxidante.

(Jara & Fulgencio, 2024)

Una vez deshidratadas, se analizaron las muestras en un laboratorio certificado para determinar:

- Contenido total de polifenoles, mediante el método de Folin-Ciocalteu.
- Capacidad antioxidante, utilizando el ensayo DPPH.

- Compuestos Fenólicos Totales (Folin-Ciocalteu)

Población: Se usó 6 kg de manzanas Gala maduras seleccionadas manualmente.

Muestra: Se las dividió en 3 grupos de 2 kg cada uno, para someterlas a distintos pre tratamientos antes del secado.

Indicador de Evaluación. Para conservar la mayoría de los antioxidantes al deshidratar manzana en el horno, fue importante controlar temperatura, tiempo y exposición al oxígeno. El contenido de antioxidantes retenidos que es la concentración de compuestos antioxidantes (como polifenoles totales o vitamina C) después del secado. El tiempo de secado que es la duración del tratamiento por lote, y la temperatura que es el nivel térmico aplicado durante el proceso de secado.

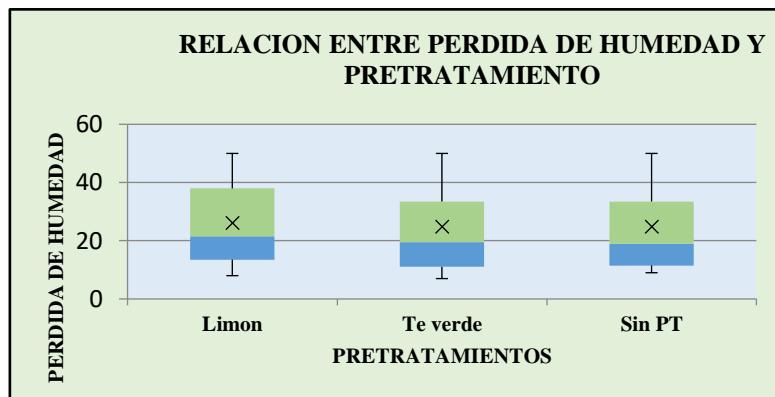
En la siguiente tabla se describe la perdida de humedad durante las 3 horas de secado, y se ha obtenido el porcentaje de la humedad de acuerdo a la ecuación:

$$\text{Perdida Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

Tabla 1. Promedios de perdida de humedad de muestras durante el secado por pretratamiento en gramos (g)

Tratamiento	Peso inicial	1 hora	2 hora	3 hora	% humedad
Limón	50	29,20	16,40	8,20	83,60
Té verde	50	26,20	13,20	9,20	81,60
Sin Pt	50	26,20	13,20	9,40	81,20

Figura 1. Se muestra la influencia del pretratamiento en la perdida de humedad de las muestras.



La Figura 1. apoya la interpretación del ANOVA, mostrando diferencias en la distribución de la pérdida de humedad según el pretratamiento, donde el grupo (Limón) tiende a tener valores más altos, mientras que Té verde y Sin pt tienen valores similares, pero no idénticos. Esto quiere decir que si influye el pretratamiento en la deshidratación de la manzana.

Tabla 2. Análisis de varianza de dos factores donde se demuestra si existe efecto del pretratamiento durante las horas de secado.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad para F	Valor crítico
Muestra	21,7	2	10,85	4,13333333	0,02206791	3,190727336
Columnas	15047,13333	3	5015,711111	1910,74709	6,47E-50	2,798060635
Interacción	46,56666667	6	7,761111111	2,95661376	0,015456646	2,294601313
Dentro del grupo	126	48	2,625			
Total	15241,4	59				

Se realizo un ANOVA de dos factores el cual mostró diferencias estadísticamente significativas con un ($p < 0.05$) para cada tratamiento. En el grupo (Limón) la media fue de 25,95 y una desv.e = 16,28. En el grupo (Te verde) la media fue de 24,65 y una desv.e = 16,40. Por su parte el grupo (Sin pt) la media fue de 24,70 y

una desv.e 16,34. Esto indica que hay una diferencia en la perdida de humedad durante el secado entre los tres pretratamientos.

Estas diferencias fueron tanto para el tiempo de secado como para el tipo de pretratamiento aplicado. Además, se evidenció una interacción significativa entre ambos factores valor F (2,96), valor critico (2,29), con una p (0,015) lo cual indica la influencia del pretratamiento sobre la pérdida de humedad en las muestras.

Tabla 3. Prueba Tukey para identificar cuáles son las diferencias significativas que nos dio la tabla ANOVA, (A = Limón, B = Te verde, C = Sin Pt.).

Tratamientos	Tukey = 1,23	Diferencias
A-B	1,3	SI
A-C	1,25	SI
B-C	0,05	NO

La prueba de Tukey permitió identificar que el pretratamiento con limón y té verde (A-B) son los que más diferencia tienen en la perdida de humedad en las horas de deshidratado, y le sigue de cerca el pretratamiento de limón y el que no tiene pretratamiento (A-C). Por otro lado, el pretratamiento de té verde y el que no tiene pretratamiento (B-C) no tuvo realmente diferencia según el análisis estadístico.

Tabla 4. Resultados de los análisis de conservación de antioxidantes naturales
Estimación para tu caso: 60 °C por 4 h.

Muestra	Parámetros	Método	Resultados	Unidad
Muestra # 1 (Limón)	Determinación Polifenoles Totales	Folin Ciocalteu Espectrofotometría	1844.81	mg GAE/1000g
Muestra # 2 (Limón)	Determinación de Actividad Antioxidante	DPPH Method Espectrofotometría	157.41	ug/ml IC50 (Ac. Gálico)
Muestra # 3 (Té verde)	Determinación Polifenoles Totales	Folin Ciocalteu Espectrofotometría	1878.36	mg GAE/1000g
Muestra # 4 (Té verde)	Determinación de Actividad Antioxidante	DPPH Method Espectrofotometría	161.96	ug/ml IC50 (Ac. Gálico)

Dado que tu tratamiento es mucho más breve (4 h vs 14 h) a la misma temperatura de 60 °C, se podría suponer que la degradación de polifenoles será menor que en los estudios con 14 h.

- Si partimos de ~224.82 mg/100 g MS como contenido inicial en materia seca para algunas manzanas. journal.pan.olsztyn.pl
- En 14 h a 60 °C se redujo a ~44.05 mg/100 g MS.
- Para 4 h, la pérdida será menor quizá — podríamos especular que quizá se pierda, por ejemplo, entre 20-40 % (dependiendo grosor, corte, aireación, oxidación, variedad).
- Si perdiéramos 30 % como estimación intermedia, quedarían ~70 % de 224.82 mg → ~157 mg/100 g MS.
- Si tu medición es en base húmeda (peso fresco) más que materia seca, habría que corregir por contenido de humedad.

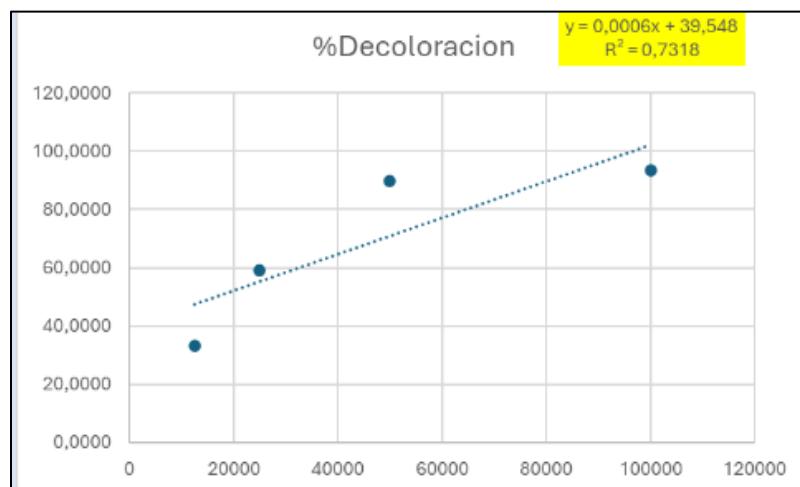
Por tanto, una estimación razonable podría ser que después de 4 h de secado a 60 °C, la manzana conserva algo en el rango de ≈ 150-200 mg de polifenoles totales por 100 g de materia seca (MS), si no ha habido pérdidas extremas.

Si la base es peso húmedo, dependerá del contenido de agua residual. Por ejemplo, si la manzana seca tenía 90 % de humedad (10 % materia seca) antes, ese 150 mg/100 g MS correspondería a ~15 mg/100 g húmedo (esto es ilustrativo).

Se determinó la capacidad antioxidante total de la manzana deshidratada con cada uno de sus pretratamientos naturales (limón, té verde), por medio del método colorimétrico estandarizado (DPPH). Como se puede ver en la tabla el pretratamiento de te verde es el que mayor cantidad de antioxidantes conserva. Se determinó también el contenido de polifenoles totales en la manzana deshidratada con los dos

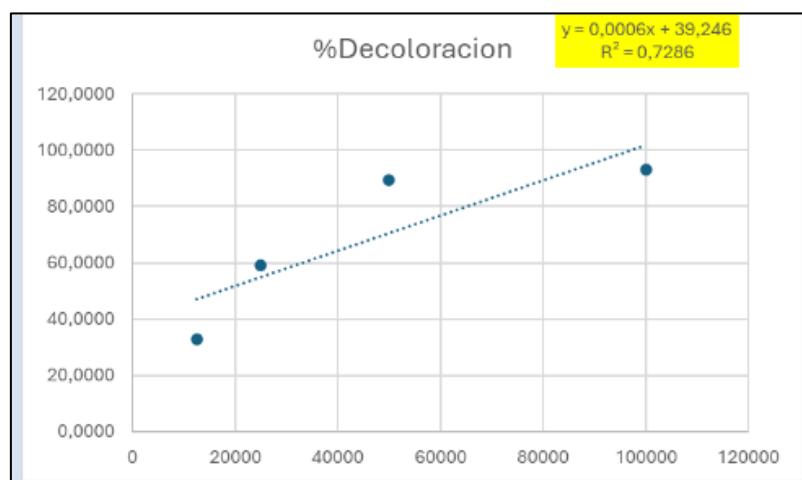
pretratamientos naturales (limón, té verde) por el método (Folin Ciocalteu). Los valores obtenidos más altos fueron igualmente el pretratamiento de te verde, siendo este el que mejor conserva los polifenoles en la manzana deshidratada.

Figura 2. Curvas de extractos para determinación DPPH calculo IC50 muestra # 2



La tendencia es ascendente: A medida que aumenta la concentración del extracto, también aumenta el porcentaje de decoloración, lo que sugiere una mayor actividad antioxidante. La relación es directamente proporcional y el modelo lineal se ajusta razonablemente bien a los datos $R^2 \approx 0,73$

Figura 3. Curvas de extractos para determinación DPPH calculo IC50 muestra # 4.



La tendencia es ascendente: A medida que aumenta la concentración del extracto, también lo hace el porcentaje de descoloración, como se espera en compuestos antioxidantes.

$R^2 = 0,7286$: Esto indica que el modelo lineal explica aproximadamente el 72,86% de la variación en los datos, lo cual es una correlación moderadamente fuerte.

Tabla 5. *Resultados de la curva de calibrado.*

Nivel de Calibración	Estándar: Concentración ppm	Cuentas de Área (absorbancia)
1	8.32	0.73
2	4.16	0.36
3	2.08	0.19
4	1.04	0.11

Tabla 6. *Resultados de la curva para determinación de polifenoles.*

Muestra	Lectura [y]	FD (ml)	Peso muestra (g)	Resultado
Manzana # 1 (Limón)	0.35	500,0	1,0350	1878,36
Manzana # 3 (Té verde)	0.33	500,0	1,0123	1844,81

En esta tabla se puede observar los resultados del método para la determinación de polifenoles, el valor más alto lo tiene la muestra # 3 de té verde resultando ser la de mayor conservación.

Conclusiones

El pretratamiento con antioxidantes naturales influye significativamente en la pérdida de humedad durante el secado de manzanas Gala. El análisis ANOVA de dos factores mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla 2), evidenciando que tanto el tipo de pretratamiento como el tiempo de secado afectan este parámetro, con una interacción significativa entre ambos factores.

El pretratamiento con infusión de té verde fue el más eficaz para conservar compuestos bioactivos. Las muestras tratadas con té verde presentaron los valores más altos tanto en contenido de polifenoles (Tabla 4) como en capacidad antioxidante, lo que sugiere que este tratamiento protege mejor la funcionalidad nutricional de la manzana deshidratada.

La aplicación de pretratamientos naturales como el té verde o el zumo de limón puede mejorar la calidad funcional de frutas deshidratadas contribuyendo a la conservación de nutrientes y antioxidantes, también influyen en la eficiencia del proceso de secado, lo que representa una estrategia viable y saludable en la elaboración de snacks funcionales.

Referencias bibliográficas

- Cajamarca Carrazco, D. I., Baño Ayala, D. J., Arboleda Álvarez, L. F., & Miranda, M. F. (2020). Sostenibilidad medio ambiental en el procesamiento de frutas deshidratadas ecuatorianas. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 4(35). <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss35.2020pp1-15>
- Carbajal-Solis, D., Del Razo-Jurado, S., Hinojosa-Sánchez, M., & Rivera-Guerrero, J. (2022). Determinación de la capacidad antioxidante de la fresa por métodos de decocción y extracción mecánica en el deterioro de frutas. *Memorias Del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 8(3). <https://doi.org/10.26457/mclidi.v8i3.3207>
- Cristina, R. A., Lluís, P. V., Antonio, C., Miguel Ángel del, R., María del Carmen, G. M., & Almudena, B. (2024). Efecto de la aplicación de rayos X a dosis moderadas sobre los componentes bioactivos de mandarinas 'Clemenules.' <https://doi.org/10.31428/10317/11840>
- García-Rodríguez, M. del C., Hernández-Cortés, L. M., & Arenas-Huertero, F. (2022). Catequinas del té verde: efectos antigenotóxicos y genotóxicos. Revisión sistemática. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 72(3). <https://doi.org/10.37527/2022.72.3.006>
- Gisela, O. Y., Víctor, R. O., Guadalupe, R. J., Miguel, G. A., & Marco, S. C. (2024). Efecto de la temperatura, velocidad del aire y espesor del producto sobre la degradación del ácido ascórbico durante el secado convectivo de mango y papaya. <https://doi.org/10.31428/10317/11877>
- Jara, P. J., & Fulgencio, S. C. (2024). Metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas. <https://doi.org/10.31428/10317/12259>
- Macías Matos, C., & Basabe Tuero, B. (2020). Los alimentos de origen vegetal en el centro de la alimentación en los tiempos de la covid-19. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 30.
- Maria Isabel, G. M., Ana, A. P., & Ascensión, M. S. (2024). Factores que afectan al contenido de compuestos bioactivos en alimentos de IV gama. <https://doi.org/10.31428/10317/12061>
- Oré García, J., Pérez Sáez, J. F., Janampa Quispe, K., Cerón Balboa, O., & Morales Morales, O. (2020). Deshidratación de frutas en un módulo solar multipropósito. *TECNIA*, 30(1). <https://doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.852>
- Vega, J. C. D. la, Cañarejo, M. A., Cabascango, O. N., & Lara, M. V. (2019). Deshidratado de *Physalis peruviana* L. en dos Estados de Madurez y su Efecto sobre el Contenido de Polifenoles Totales, Capacidad Antioxidante, Carotenos, Color y Ácido Ascórbico. *Información Tecnológica*, 30(5). <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000500091>.