

MÉTODOS DE DESHIDRATACIÓN PARA LA PRESERVACIÓN DE LA CALIDAD EN MANZANAS

DEHYDRATION METHODS FOR PRESERVING QUALITY IN APPLES.

Alisson Katherine Romero Morán¹

Romak, Ecuador, Chimborazo

kathe2694@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4152-6167>

Fecha de recepción: 02-02-2025

Fecha de aceptación: 10-03-2025

Fecha de publicación: 15-03-2025

RESUMEN

Este artículo realiza un análisis exhaustivo sobre la deshidratación de la manzana, un método clave para preservar su valor nutricional y extender su vida útil. La deshidratación es una técnica antigua que ha evolucionado con tecnologías como el secado convectivo, osmótico y la liofilización, que ofrecen distintos grados de eficiencia y conservación de calidad. La manzana (*Malus doméstica*), rica en agua y nutrientes como vitamina C, antioxidantes y fibra, es un alimento beneficioso que, mediante la deshidratación, retiene propiedades organolépticas y reduce la proliferación de microorganismos. La elección de la variedad de manzana influye en la efectividad del proceso, y estudios genéticos permiten seleccionar las variedades más adecuadas para la deshidratación. El secado convectivo es común en la industria por su eficiencia, mientras que la liofilización, aunque más costosa, asegura una mejor preservación de la calidad sensorial. La investigación analiza además cómo la deshidratación impacta nutrientes específicos; por ejemplo, la vitamina C puede reducirse, mientras que otros compuestos, como las fibras y antioxidantes, pueden concentrarse. Se discuten los parámetros de tiempo y temperatura del proceso, cruciales para mantener la textura y el sabor. Con 60 °C de temperatura y un tiempo de 7 horas y 15 minutos, el proceso logra reducir la humedad significativamente, alcanzando entre un 19,89% y 22,40%, cifras que concuerdan con estudios previos en el ámbito de la deshidratación de frutas. En conclusión, la deshidratación de la manzana es un método eficaz que permite conservar sus propiedades nutricionales y sensoriales. Esta técnica también presenta un potencial significativo para la reducción de desperdicios y la creación de nuevos productos alimentarios, como snacks saludables.

Palabras clave

Conservación, deshidratación, manzana, secado, humedad, temperatura

ABSTRACT



This article provides a comprehensive analysis of apple dehydration, a key method for preserving its nutritional value and extending its shelf life. Dehydration is an ancient technique that has evolved with technologies such as convective drying, osmotic drying, and freeze-drying, which offer varying degrees of efficiency and quality preservation. Rich in water and nutrients such as vitamin C, antioxidants, and fiber, the apple (*Malus domestica*) is a beneficial food that, through dehydration, retains organoleptic properties and reduces the proliferation of microorganisms. The choice of apple variety influences the effectiveness of the process, and genetic studies allow the selection of the most suitable varieties for dehydration. Convective drying is common in the industry for its efficiency, while freeze-drying, although more expensive, ensures better preservation of sensory quality. The research also analyzes how dehydration impacts specific nutrients; for example, vitamin C can be reduced, while other compounds, such as fiber and antioxidants, can be concentrated. The time and temperature parameters of the process, which are crucial for maintaining texture and flavour, are discussed. With a temperature of 60 °C and a time of 7 hours and 15 minutes, the process manages to significantly reduce humidity, reaching between 19.89% and 22.40%, figures that agree with previous studies in the field of fruit dehydration. In conclusion, apple dehydration is an effective method that allows its nutritional and sensory properties to be preserved. This technique also has significant potential for reducing waste and creating new food products, such as healthy snacks.

Keywords

Conservation, dehydration, apple, drying, humidity, temperature

INTRODUCCIÓN

La conservación de frutas es muy importante en la nutrición y la vida cotidiana. Al igual que las manzanas (*Malus domestica*), la deshidratación es muy eficaz para mantener la salud y la calidad del agua. En este artículo discutiremos el problema de la escasez de hielo. Se explicarán aspectos científicos, tecnológicos y prácticos.

El secado de frutas, un método tradicional, reduce el crecimiento microbiano y extiende la vida útil sin comprometer las propiedades organolépticas y el valor nutricional. Existen varios métodos, como por ejemplo el descalcificador de agua. La liofilización y la liofilización osmótica utilizan soluciones de azúcar para eliminar el agua y mejorar las propiedades sensoriales. Utilice aire caliente para garantizar un secado adecuado. Y el hielo se congelará y producirá aún más agua. Produce manzanas de mejor calidad, pero son más caras.

La deshidratación afecta los nutrientes. El estudio también examinó los atributos sensoriales para determinar las percepciones de los consumidores sobre el sabor, el aroma, la textura y la apariencia.

Algunas variedades de manzanas no son resistentes al agua. Y la investigación genética está tratando de encontrar la raza ideal. Además, se está realizando un estudio de costos. Viabilidad y sostenibilidad del uso de esta técnica a largo plazo.

MALUS DOMESTICA (MANZANA)



El manzano (*Malus doméstica*) es un árbol caducifolio de la familia Rosáceas, cultivado en climas fríos y, gracias a avances genéticos, también en zonas templadas y tropicales. En áreas tropicales, como Indonesia, es posible obtener hasta dos cosechas anuales mediante técnicas de defoliación para estimular brotación y floración. La morfología del árbol alcanza una altura máxima de 10 m, con una copa globosa y tronco recto de 2 a 2.5 m, cuya corteza es cenicienta en ramas jóvenes y escamosa en partes viejas. La vida media de un manzano es de 60 a 80 años. El fruto de la manzana es un pomo carnoso con amplia variación en forma, color y sabor según la variedad. Ejemplos incluyen la Golden, de color dorado; la Royal Gala, de piel rojiza; y la Verde doncella, de tono verdoso (1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del manzano.

Nombre común:	Manzano
Nombre científico:	<i>Malus doméstica</i>
Orden:	<i>Rosales</i>
Familia:	<i>Rosáceas</i>
Género	<i>Malus</i>

La deshidratación ha sido un método ancestral para preservar alimentos. En tiempos antiguos, las personas secaban frutas, carnes, cereales, verduras y pescados al sol para tenerlos disponibles durante todo el año, lo que aseguraba su supervivencia durante el invierno. Este proceso no solo implica cambios químicos que afectan la calidad del producto, sino que también reduce la humedad de los tejidos, lo que ayuda a inhibir el crecimiento de microorganismos e insectos (2). Las verduras y frutas, que son ricas en vitaminas A, C, y minerales como potasio, cobre, flúor, fósforo, magnesio y zinc, poseen un alto valor nutricional. Además, son abundantes en fibra y carecen de azúcares y grasas añadidos. Tienen baja densidad energética (pocas calorías) y alta densidad de nutrientes (particularmente vitaminas y minerales). El consumo de frutas y verduras se asocia con una disminución del riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles, como las cardiovasculares, y ciertos tipos de cáncer gracias a su contenido en antioxidantes y fibra (3).

El gran valor nutricional y económico de las frutas es ampliamente reconocido. Son excelentes fuentes de vitaminas, minerales, fibra dietética, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas, además de proporcionar carbohidratos, proteínas y calorías. Estos beneficios nutricionales mejoran el bienestar humano y reducen el riesgo de enfermedades (4). Sin embargo, el consumo de frutas suele estar por debajo de los niveles recomendados en una dieta equilibrada. La tecnología de secado proporciona alternativas para conservar alimentos con características nutricionales adecuadas, aumentando su vida útil y reduciendo la posibilidad de desarrollo de microorganismos y reacciones químicas no deseadas (5)

La manzana, valorada por su contenido nutritivo y características fisicoquímicas y organolépticas, ha sido objeto de estudio. Los tratamientos más relevantes se enfocan en los fenoles derivados del ácido hidroxicinámico presentes en la fruta. En particular, el ácido clorogénico y las catequinas son responsables del oscurecimiento (6).



Investigaciones han determinado que el polifenol oxidasa en la manzana se localiza principalmente en el centro del fruto, seguido del pericarpio (7). Este enzima está presente intracelularmente en su estado inmaduro y en la vacuola una vez que la fruta madura (8). El agua constituye el mayor componente de la manzana (85% BH), seguida por carbohidratos (12%), proteínas (0.3%) y varios micronutrientes, como vitaminas, minerales y enzimas (9).

La tecnología de secado es fundamental en el proceso de deshidratación de alimentos, considerando la geometría del producto y el tipo de secador. Los métodos más empleados incluyen secado por convección, microondas, vacío y liofilización. El secado por convección se encarga de transferir el calor necesario para evaporar el agua y extraer el vapor de los alimentos (10). Por otro lado, la tecnología de microondas por convección aprovecha las propiedades dieléctricas del agua, destacándose frente a otros métodos tradicionales. La liofilización busca alcanzar niveles de humedad de 5% o menos para evitar la pérdida de componentes volátiles y sensibles al calor. El secado al vacío es ideal para productos sensibles al calor y a la oxidación, como las frutas y verduras. Además, el espesor del material y la temperatura también influyen en los cambios de color durante el proceso (11). La manzana deshidratada (*Malus domestica*) no solo es reconocida por sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales, sino también por ser la variedad que permite el mayor tiempo de enfriamiento, lo que facilita su industrialización durante casi todo el año (12). La deshidratación se convierte en una opción interesante para aprovechar los desechos de los galpones de empaque y desarrollar tecnologías innovadoras para obtener productos diferenciados a partir de estas frutas (12).

El método de infusión de azúcar es un proceso sencillo para inducir la deshidratación parcial por ósmosis y puede ser utilizado como un paso clave en los métodos de enlatado tradicionales (12). La fruta deshidratada ofrece una oportunidad para que las amas de casa promuevan el consumo de fruta en niños y adolescentes mediante snacks nutritivos, satisfaciendo las necesidades nutricionales de estos jóvenes consumidores. Estos snacks de fruta seca pueden ser alternativas saludables a dulces y snacks tradicionales, como papas fritas y galletas, o contribuir a añadir variedad al mercado de alimentos saludables (13).

Importancia de la deshidratación de frutas: En la actualidad, la producción de frutas juega un papel significativo en el desarrollo económico de los países, y el consumo está en aumento debido a que los consumidores optan por dietas saludables y nutritivas (14). Sin embargo, existen pérdidas postcosecha debido a una alta producción y un uso ineficiente; en América Latina, aproximadamente el 28% de la producción total se desperdicia (15). Dado que estas frutas son altamente perecederas y escasean en ciertas temporadas, requieren procesos que prolonguen su vida útil. El secado es uno de los métodos más usados en la industria alimentaria para conservar frutas, logrando una reducción de humedad del 85% al 92% (15).

En términos de salud, su importancia radica en su función como provitamina A y antioxidante, lo que se asocia con un aumento en la inmunidad, prevención de la degeneración muscular relacionada con la edad, inhibición del cáncer, prevención de enfermedades cardiovasculares y disminución del riesgo de cataratas (16).

Los carotenoides tienen propiedades físicas y químicas relacionadas, como la capacidad

de unirse a superficies hidrófobas. El color es una característica importante que percibe el consumidor. Además, se espera que el color de los productos procesados sea similar al de los productos frescos. La descomposición de los carotenoides no sólo afecta el color de las verduras, sino también su valor nutricional. (vitamina E y ácido ascórbico) y también sabor (17).

Control de Temperatura

Temperatura de secado: Elegir la temperatura de secado de las rodajas de manzana es muy importante. Esto garantiza que la humedad se absorba adecuadamente sin cambiar el sabor ni la textura. El termopar tiene un rango de temperatura de 50 °C a 70 °C (122 °F a 158 °F) (18).

Tiempo de secado: Es cuando las manzanas se mantienen en el horno o estufa a la temperatura especificada. La duración del proceso de hidrólisis depende del grosor de la cáscara de la manzana y de su contenido de humedad inicial (19).

Control de temperatura: Es muy importante que el calor se distribuya uniformemente en la secadora o el horno. Secado de manzanas (19)

Monitoreo regular: Los controles regulares de temperatura son esenciales para evitar grandes fluctuaciones que podrían afectar la calidad del producto final (19).

El propósito de este artículo es evaluar el valor medicinal de la manzana (*Malus domestica*) en términos de protección y longevidad. Se compararon diferentes métodos de deshidratación, como el secado al vacío. Secado al vacío y secado al vacío Para evaluar la eficiencia y el comportamiento de almacenamiento, también se investigaron la selección de variedades y los parámetros de la manzana. ¿Cómo afecta (el tiempo y la temperatura) la conservación de nutrientes y propiedades sensoriales? El estudio tiene como objetivo identificar métodos de eliminación de agua para reducir el desperdicio de alimentos y producir productos frescos más saludables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población

Esta colección contiene artículos, teorías y publicaciones. Incluye el impacto de los alimentos y la tecnología relacionados con el tema de la inseguridad petrolera. La colección incluye estudios de diversos mecanismos de seguridad. y analizar el comportamiento de materiales con uso intensivo de agua.

Muestra

La muestra está formada por documentos seleccionados que cumplen los criterios de alta calidad, relevancia, precisión y actualidad. Se dará prioridad a las investigaciones publicadas en revistas y libros de editoriales de prestigio.

Fuentes de información

Para recolectar datos se utilizaron las siguientes bases de datos: Google Scholar, PubMed, Scielo, ResearchGate e Internet of Science.

Criterios de selección

Los documentos fueron seleccionados según los siguientes criterios:

Importante: Selección de estudios centrados especialmente en la deshidratación de frutas.

Calidad: Elija revistas y libros publicados por editoriales con buena reputación.

Noticias de actualidad: Una colección de publicaciones publicadas durante los últimos 10 años, proporcionando información actualizada.

Diversidad: Utiliza una variedad de herramientas y métodos para realizar evaluaciones.

Medición y métodos de medición.

En el estudio se utilizaron los siguientes métodos de medición:

Revisión de documentos: revisión de la literatura existente para determinar la relevancia y análisis mecanicista de cada documento.

Recopilación de datos: recopilar los datos necesarios sobre la tecnología de secado y las propiedades de los alimentos.

Análisis estadístico

Dado que se trató de un estudio piloto, no se realizó un análisis estadístico de los datos. Sin embargo, se utilizan los siguientes métodos:

Media: Los patrones dietéticos descritos en la literatura representan valores promedio.

Mediana: Se utiliza para indicar el rango promedio de datos de cada estudio.

Moda: Describe el modo más común de deshidratación.

Proceso de Deshidratación

Materia Prima: Se utilizó Malus doméstica en un estado de maduración específico. Se lavaron las manzanas, se registró su peso inicial y se descartaron las de calidad inferior.

Preparación: Las manzanas se rebanaron en rodajas de diámetro promedio de 6.8 ± 0.1 cm y espesor de 0.4 ± 0.5 cm. Se colocaron 500 g de fruta en cada bandeja, que fueron pesadas y numeradas. La temperatura del deshidratador se mantuvo a 60 °C.

Tabla 2. Materiales y equipos

Material Laboratorio:	proporcionado	por	el	Material	proporcionado	por	el
				alumno:			
				- Manzana			
				- Agua			
Instrumentos para utilizar				Instrumentos			
- Balanza				proporcionados por el			
- Deshidratador				estudiante			
				- Cronómetro			
				- Regla			
				- Cuchillo			
				- Pinza			
				- Recipientes para el lavado y			

	reposo de la fruta
--	--------------------

Durante el proceso de deshidratación las bandejas se colocaron en el deshidratador, asegurando la homogeneidad de las muestras se pesaron las muestras cada 30 minutos durante las primeras dos horas para determinar la pérdida de humedad, también se registró la temperatura del deshidratador y se evaluó el color cada 60 minutos mediante un examen sensorial. A partir de la quinta hora de deshidratación, se tomaron muestras cada 15 minutos hasta que la pérdida de humedad se estabilizará, este enfoque busca garantizar que la información recopilada sea precisa y relevante para el desarrollo de procesos de deshidratación efectivos y que contribuya al entendimiento de las propiedades nutricionales de los productos obtenidos.

RESULTADOS

Para fruta fresca se determinaron los parámetros de humedad, actividad de agua, color, textura y contenido de sólidos solubles. De igual manera, estos parámetros se determinaron para muestras pretratadas por deshidratación expuestas a un campo eléctrico moderado, con el fin de poder comparar propiedades clave como la textura y los sólidos solubles, ya que estas propiedades se modifican significativamente con el pretratamiento.

Los resultados de la determinación de propiedades del peso de fruta fresca y fruta deshidratada se detallan en la siguiente tabla.

Mediciones de masa

Tabla 3. Registro del peso

	Proceso	Masa (g)
El	1. Inicial	869, 34
	2. Después del lavado	870
	3. Después de la clasificación	No existe
	4. Después del pelado	621, 01
	5. Después del troceado	500, 64

tiempo utilizado en el secado de manzana para 60°C fue de 7 horas con 15 minutos. Estos valores coinciden con los obtenidos en la parte experimental a partir de estas horas establecidas por el modelo los pesos son constantes. La ratio de secado es utilizada para estandarizar el secado en material vegetal, de manera que puedan ser utilizadas a diferentes condiciones de humedad relativa, velocidad del aire y temperatura.



Descripción de la fruta fresca

El tejido fresco tiene más o menos el mismo diámetro, células parenquimatosas elevadas de diferentes tamaños. Se observaron pocos espacios intercelulares y grandes áreas de contacto célula-célula. Los espacios intersticiales están formados principalmente por la unión de tres o cuatro células y son de menor tamaño que en otros tejidos, como las manzanas, que tienen muchas más células (8, 10 o 12).



Figura 1. Manzana fresca y peso de las manzanas peladas

El color es un elemento importante en el proceso de deshidratación, la que se utilizó para medir el color de las muestras mediante el método de examen sensorial por el cual se logró observar que la manzana se pardea(oscurece). También se tomó en cuenta que al medir el color en ocasiones se hacía de zonas diferentes, por lo tanto, la variación en la coloración no fue constante.



Figura 2. Inicio y proceso de deshidratación

En la Figura 2, se observa que en el deshidratado con temperatura de secado 60 °C se obtuvo un promedio de humedad de 19.89%, 21.85%, 22,40% respectivamente, se puede observar el valor más alto (22,40) cuando se utilizó una temperatura de 60°C por un tiempo de 7 horas y 15 minutos, respuestas que pueden demostrar que, a un mayor tiempo de estadía en el deshidratador, las muestras alcanzaron un mayor contenido de humedad.



**Figura 3.** Deshidratación final fuente

Figura 3 que es la deshidratación final Fuente del agua en el fruto, aumenta el contenido de materia seca. En este estudio, el contenido de materia seca fue inferior a los niveles informados, lo que indica que el agua es el componente más abundante en la fruta, con un contenido de agua que oscila entre el 89% y el 94% de la materia seca. Estos valores pueden depender de la madurez del fruto. Atravesando diferentes rangos de temperatura, la variabilidad de la materia seca de las muestras es ligeramente más acusada, lo que deja una cantidad aceptable de materia seca a 65°C, lo que se puede confirmar en los estudios realizados.

Tabla 4. Registro de las muestras

Repetición	Masa (g)
Inicial a deshidratar	500,64
Muestra 1	280,77
Muestra 2	169,19
Muestra 3	105,05
Muestra 4	94,09
Muestra 5	87,76
Muestra 6	83,23
Muestra 7	81,44
Muestra 8	80,77
Muestra 9	80,33
Muestra 10	79,99
Muestra 11	79,67
Muestra 12	79,49
Muestra 13	79,45
Muestra 14	79,12
Muestra 15	78,94
Muestra 16	78,82

Ajuste de curvas

El ajuste de curvas en el contexto de la deshidratación de la manzana se refiere a la representación matemática de la tasa de deshidratación a lo largo del tiempo. Cuando se deshidrata la manzana, su contenido de humedad disminuye gradualmente con el tiempo, y este proceso puede seguir un patrón específico. El ajuste de curvas consiste en encontrar una ecuación matemática que mejor se adapte a los datos experimentales obtenidos durante el proceso de deshidratación.



Tabla 4. Datos

Hora (min)	pesos(g)
9:50	500,64
10:50	280,77
11:50	169,19
12:50	105,05
13:20	94,09
13:50	87,76
14:20	83,23
14:50	81,44
15:05	80,77
16:20	80,33
16:35	79,99
16:50	79,67
17:05	79,49

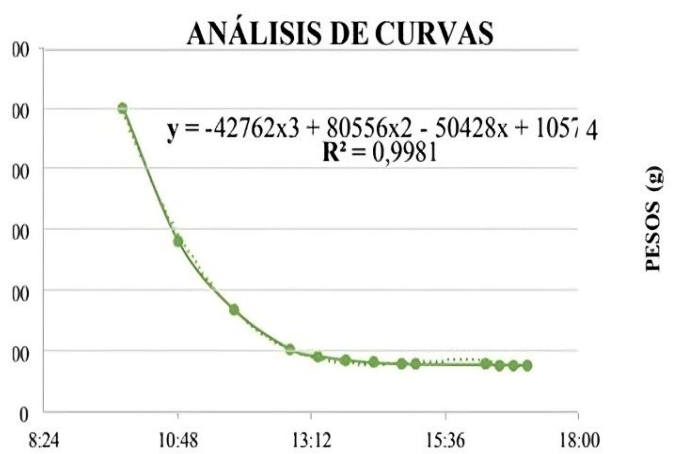


Figura 5. Ajuste de curvas

Según el análisis de curvas, se puede determinar que, para deshidratar trozos de manzana de grosor 5mm, se necesita un tiempo aproximadamente de 7 horas con 15 minutos, esto nos indica que se demora bastante tiempo en deshidratar por su alto contenido de agua.

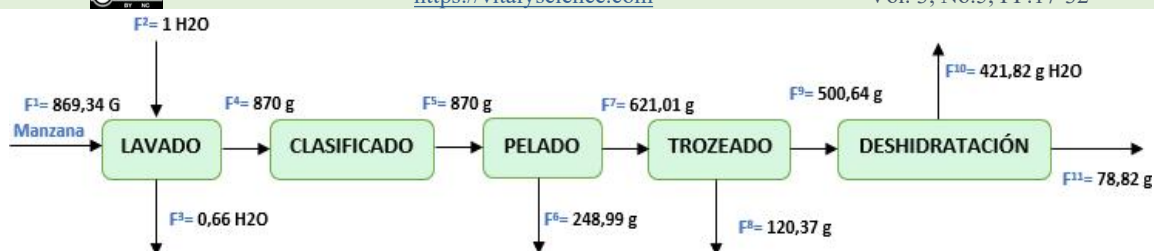


Figura 6. Balance de masa y energía

Tabla 6. Balance de energía

LAVADO	PELADO	TROCEADO
$F^4 - F^1 = F^3$	$F^5 - F^7 = F^6$	$F^7 - F^9 = F^8$
$F^3 = 870 - 869,34$	$F^6 = 870 - 621,01$	$F^8 = 621,01 - 500,64$
$F^3 = 0,66 \text{ g}$	$F^6 = 248,99 \text{ g}$	$F^8 = 120,37 \text{ g}$
869,34 100%	870 100%	621,01 71,38%
0,34 X	248,99 X	120,37 X
X= 0,039%	X= 28,62% PERDIDA	X= 13,84% PERDIDA
GANANCIA		
	PERDIDA = 42,46%	

Tabla 7. Balance de masa

DESHIDRATADO
$F^9 - F^{11} = F^{10}$
$F^{10} = 500,64 - 78,82$
$F^{10} = 421,82 \text{ g}$
500,64 57,54%
421,82 X
X= 48,48% PERDIDA de H2O
Perdida de agua es igual a 48,48%

BALANCE DE ENERGÍA

En la Tablas 6,7 se observa el análisis de balance de masa y energía, una reducción de más del 50% del peso inicial de la manzana al realizar el lavado, pelado, troceado, deshidratado lo cual de una u manera causara efectos en los resultados finales al tomar los pesos de la manzana deshidratada.

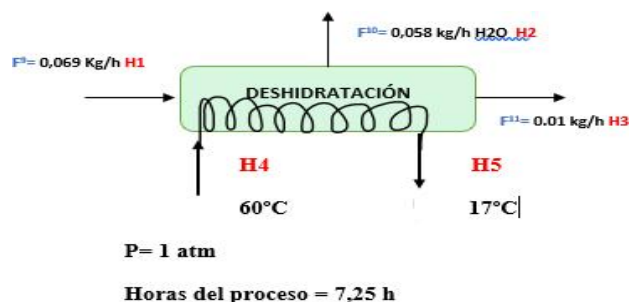


Figura 7. Balance de energía

Tabla 8. Resultados y datos

$Q_p = Q_{man} + Q_a$ $Q_{man} = F^1 \Delta H$ $\Delta H = F \int_{T_o}^{T_f} c_p dt$ $\Delta H = \int_{17}^{60} (3,60 + 1,88T) dt$ $\Delta H = (3,60)(43) + ((1,88)((43)^2))$ $\Delta H = 154,80 + 1738,06$ $\Delta H = 1892,86 \text{ kJ/kg}$ $Q_{man} = 0,069 \text{ kg/h} \cdot 1892,86 \text{ (kJ/kg)}$ $Q_{man} = 130,60 \text{ (kJ/h)}$	$Q_a = F^1 H_1 + F^2 H_2 + F^3 H_3$ $Q_a = (0,069)(71,38) + (0,058)(251,13) + (0,01)(2609,6)$ $Q_a = (4,93) + (14,57) + (26,096)$ $Q_a = 45,59 \text{ (kJ/h)}$ <hr/> $Q_p = Q_{man} + Q_a$ $Q_p = 130,60 \text{ (kJ/h)} + 45,59 \text{ (kJ/h)}$ $Q_p = 176,19 \text{ (kJ/h)}$	TRANSFORMACIONES $500,64\text{g}/1000 = 0,5(\text{kg})$ $421,82\text{g}/1000 = 0,4218(\text{kg})$ $78,82\text{g}/1000 = 0,073(\text{kg})$ <hr/> $0,5/7,25 = 0,069(\text{kg/h})$ $0,4218/7,25 = 0,058(\text{kg/h})$ $0,073/7,25 = 0,01(\text{kg/h})$
--	---	--

De acuerdo con los datos recolectados y el proceso de ajuste de curvas, hemos llegado a la conclusión de que el modelo más adecuado para representar los datos es un modelo polinomial. Este resultado se ha obtenido tras analizar varias opciones y evaluar el grado de ajuste de cada una de ellas.

DISCUSIÓN

El proceso de deshidratación de manzana a 60 °C durante 7 horas y 15 minutos logró reducir significativamente el contenido de agua, alcanzando un promedio de humedad entre 19.89% y 22.40%, lo cual concuerda con estudios previos sobre deshidratación de frutas. Por ejemplo, (20) menciona que, la deshidratación de productos vegetales a temperaturas medias-bajas es un método eficaz para reducir el contenido de agua mientras se preservan en gran medida los componentes bioactivos de la fruta.

Se descubrió que el proceso de deshidratación altera significativamente estas propiedades en términos de actividad de agua y contenido de sólidos disponibles, como también lo señalaron (21). La actividad del agua, un factor importante en la estabilidad microbiológica y química de los alimentos, suele ser menor en las frutas secas, lo que reduce el riesgo de deterioro. Además, el aumento de sólidos disponibles observado en este estudio se atribuyó a la concentración de compuestos sólidos debido al contenido de humedad reducido, similar a lo informado por (22), quienes encontraron que las frutas secadas al aire conservaron significativamente los nutrientes y azúcares.



Respecto a la morfología, la pérdida de tamaño y los cambios en la estructura celular son consistentes con estudios que muestran cómo tratamientos como el uso de campos eléctricos moderados pueden lograr uniformidad en el contenido de agua y preservación de la calidad de la fruta. Según(23) , el uso de un campo eléctrico moderado puede afectar la hidrofobicidad celular, mejorar la hidrofobicidad y mejorar las propiedades finales del embrión.

Finalmente, la curva aplicada al proceso de secado permitió modelar el contenido de humedad en función del tiempo, para lo cual se eligió un modelo polinomial para modelar la velocidad de secado. Esto es consistente con los resultados de estudios como el de (24), quienes demostraron que los modelos matemáticos heterogéneos y los modelos de calidad de cultivo son adecuados para describir la relación entre el contenido de humedad y el tiempo de rotura (25).

En conclusión, los resultados obtenidos en este estudio, junto con las comparaciones con estudios previos, sugieren que el secado a temperaturas controladas combinado con un pretratamiento, como un campo eléctrico moderado, puede mejorar las características de calidad de la fruta seca al optimizar parámetros clave como la textura, la humedad y la actividad del agua.

CONCLUSIONES

El deshidratado es un método eficaz para preservar la calidad y prolongar la vida útil de las manzanas (*Malus domestica*). Diferentes métodos, como el secado osmótico, el secado por convección y la liofilización, tienen ventajas y desventajas en términos de costo, conservación de nutrientes y propiedades organolépticas. La liofilización conserva mejor las propiedades organolépticas, pero su aplicación es limitada debido a su elevado coste. Sin embargo, los métodos de secado por convección más disponibles pueden provocar una pérdida significativa de nutrientes como la vitamina C.

Parámetros como la variedad de manzana seleccionada, la temperatura y la duración del proceso de secado tienen un efecto importante en la conservación de los nutrientes y la calidad organoléptica del producto final. Los estudios han demostrado que el control estricto de la temperatura (50 °C a 70 °C) y la optimización del tiempo de secado son importantes para minimizar la degradación de compuestos biológicamente activos y obtener productos de alta calidad. Esta situación resalta la importancia de elegir la variedad adecuada para el método de secado seleccionado.

Deshidratar manzanas no sólo ayuda a conservar los alimentos, sino que también satisface la creciente demanda de snacks saludables en la dieta moderna. El secado, un método que prolonga la vida útil de las manzanas y reduce el desperdicio de alimentos, ofrece beneficios tanto económicos como nutricionales. Estos productos secos representan una alternativa interesante para satisfacer las necesidades nutricionales de los consumidores, especialmente cuando no se puede garantizar la frescura de la fruta durante todo el año.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fagua CP, Perez C, Oyola YAD, Parra AS, Reyes GEC, Merchán PA. Caracterización fisicoquímica de siete variedades de manzana (*Malus domestica* Borkh) establecidas en trópico alto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* [Internet]. 2024 Dec 19 [cited 2025 Feb 24];16(1):357–76. Available from: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/8141>
2. Turcios Castro JA. Industrialización y transformación de los frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.), piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.), pera (*Pyrus communis* L.) y manzana (*Malus domestica* (Suckow) Borkh) en Industrias Alimenticias Kern's y Cía. S.C.A. 2023 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
3. Pérez-Portillo E, Salvador García-Gómez R, Mendoza-Pérez S, Del M, Durán-Domínguez-De-Bazúa C. Recubrimientos de manzanas amarillas (*Malus domestica*) de la variedad Golden Delicious: Cera de carnauba y cera de candelilla versus biopolímeros de quitina-quitosana. *Ambiens Techné et Scientia México* [Internet]. 2024 Aug 17 [cited 2025 Feb 24];12(2):179–209. Available from: <https://atsmexico.org/atsm/article/view/186>
4. Pérez-F. C, Deaquiz Oyola YA, Silva Parra A, Cely Reyes GE, Almanza Merchán PJ. Caracterización fisicoquímica de siete variedades de manzana (*Malus domestica* Borkh) establecidas en trópico alto. *RIAA, ISSN-e 2145-6453, Vol 16, No 1, 2025* [Internet]. 2025 [cited 2025 Feb 24];16(1):15. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9878908&info=resumen&idioma=ENG>
5. Sgarbi María Agustina Sebastián Mango Marcelino C, Evaluadora Evaluador Dra Mariana Bracco Tutora Ing Agr Leandro Pisano Director E. Análisis comparativo de acaricidas sobre la población de *panonychus ulmi* (koch) (acari: tetranychidae) en condiciones estivales de alta infestación en cultivo de manzana (*malus domestica*) variedad red delicious en el Alto Valle de Río Negro. 2024 Dec 26 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://repositorio.unnoba.edu.ar/xmlui/handle/23601/906>
6. Guachamin Lasluisa KE. Análisis del efecto prebiótico de una compota a base de manzana (*Malus domestica*) y zanahoria (*Daucus carota*) [Internet]. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Alimentos; 2024 [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/42360>
7. Montaña Herrera A. Efecto de la fertilización edáfica y aplicación foliar con nanopartículas de Cu, Se, Fe, y Zn sobre el rendimiento y calidad poscosecha de *malus domestica* L. y *Pyrus communis* L. 2023 Apr 14 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://200.57.56.70:8080/xmlui/handle/231104/3151>
8. Ibarra-Cantún D, Ramos-Cassellis ME, Sánchez-Arzubide MG, Castelán-Vega R del C, Marín-Castro MA, Ibarra-Cantún D, et al. Compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de la fermentación en estado sólido de bagazo de manzana (*Malus domestica* Borkh., var. panochera). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* [Internet]. 2022 [cited 2025 Feb 24];23(2):2103. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062022000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=es
9. 01 Yo R.; Katherine E, Mendoza H, Masías G, Sánchez L, Fabiola FML, et al. Determinación de antioxidantes fenólicos, fibra, cenizas y pH del extracto de betarraga (*Beta vulgaris* L.) y manzana (*Malus domestica*). Lima. 2023 [Internet]. Universidad Privada Norbert Wiener; 2024 [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.13053/12242>



10. Barrientos Venegas R. Estudio de la deshidratación de la manzana con aire caliente [Internet]. Universidad Nacional San Luis Gonzaga; 2023 [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.13028/4638>
11. Rola MC, Freitas VO de, Porta A. DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN SECADOR SOLAR ACTIVO INDIRECTO APLICADO A DESHIDRATACIÓN DE MANZANAS. Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS [Internet]. 2022 Aug 16 [cited 2025 Feb 24];1–10. Available from: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1132>
12. Neppas Caza CA. Análisis comparativo de los procesos de deshidratación y liofilización de la fresa (FRAGARIA) y manzana (MALUS). 2022 Dec 19 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19133>
13. Sagñay Sagñay GM. Elaboración de un snack de frutas y hortalizas (zanahoria, calabacín, manzana, pera y plátanos maduros) deshidratados. 2024 Mar 13 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12538>
14. Ccaza Cari MY. Supervivencia de probióticos durante la deshidratación osmótica de cubos de manzana (Malus domestica) variedad Granny Smith. 2023;
15. Ccaza-cari MY, Chambi-Rodriguez AD. Influence of temperature and solute concentration during osmotic dehydration of apple (Malus domestica) cubes on the stability of probiotics. Agron Colomb. 2023 May 1;41(2).
16. Cruz LAR, Navío LMM, Falcón LFP. Elaboración de bebida funcional de manzana (Malus domestica), hierba luisa (Aloysia citrodora), linaza (Linum usitatissimum) y stevia (Stevia rebaudiana Bertoni). Micaela Revista de Investigación - UNAMBA [Internet]. 2025 Dec 30 [cited 2025 Feb 24];6(1):15–20. Available from: <https://revistas.unamba.edu.pe/index.php/micaela/article/view/171>
17. Venegas-Reyes E, Dehesa-Carrasco U, Galindo-Luna YR, Ibarra-Bahenac J. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE UN CALENTADOR SOLAR DE AIRE APLICADO A DESHIDRATACIÓN. Energías Renovables [Internet]. 2024 Dec 10 [cited 2025 Feb 24];11(52). Available from: <https://renovables.unison.mx/index.php/articulos/article/view/53>
18. Catucumbamba Tarabata AP. Propuesta de creación de una microempresa dedicada a la producción y comercialización de un snack de frutas deshidratadas en la ciudad de Cayambe. 2021 Jul 26 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11412>
19. Pila Carmita Susana Lisintuña Chaluisa Wilmer Alcibar G, Paredes Manuel Enrique F, Mg I. Deshidratación osmótica de las variedades de las manzanas, emilia (malus communis) y delicia (red delicious) con diferentes edulcorantes naturales. [Internet]. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, (UTC); 2023 [cited 2025 Feb 24]. Available from: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10994>
20. Torres M, Pérez R, Estudios MMRN de, 2024 undefined. Deshidratación de frutas tropicales para el mercado internacional: de cómo nace un cluster agroalimentario en tres entidades federativas del Pacífico mexicano. rnee.umich.mx [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 24];2007–9877. Available from: <https://rnee.umich.mx/index.php/rnee/article/download/394/335>
21. Yang H, Cheng S, Lin R, Wang S, Wang H, Wang H, et al. Investigation on moisture migration, microstructure and quality changes of fresh-cut apple during storage. Int J Food Sci Technol [Internet]. 2020 Dec 25 [cited 2025 Feb 24];56(1):293–301. Available from: <https://dx.doi.org/10.1111/ijfs.14631>
22. De Frutas C, Vegetales Y, Procesos M, Osmodeshidratación DE, Ultrasonido Y. Revisión



bibliográfica de técnicas utilizadas para la conservación de frutas y vegetales mediante procesos de osmodeshidratación y ultrasonido. 2022 Dec 7 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10095>

23. Nabnean S, Nimnuan P. Experimental performance of direct forced convection household solar dryer for drying banana. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2020 Dec 1;22.
24. Quiles A, Hernando I, Pérez-Munuera I, Lluch MÁ. Effect of calcium propionate on the microstructure and pectin methylesterase activity in the parenchyma of fresh-cut Fuji apples. *J Sci Food Agric*. 2007 Feb;87(3):511–9.
25. Duque Enriquez SD. Estimación del tiempo de secado de fresas (*Fragaria sp*) del cantón Guano utilizando redes neuronales artificiales. 2024 Oct 23 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13847>