UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TESIS

EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA HARINA DEL FRUTO DE *Myrciaria dubia* (CAMU CAMU)

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTRIAS

ELABORADO POR:

RAMIREZ SANTILLAN HEIDY YANELA

Tingo María – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Apartado Postal 156 Tingo María
E.mail; fiia@unas.edu.pe

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 005-2025

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 23 de junio del 2025, a horas 10:00 a.m., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bach. **HEIDY YANELA RAMIREZ SANTILLAN,** titulada:

"EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA HARINA DEL FRUTO *Myrciaria dubia* (CAMU CAMU)"

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran ...aprobado... con el calificativo de .....Bueno.....; en consecuencia, la sustentante, queda **APTA** para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45º numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 23 de junio del 2025

M.Sc. Pedro Alejandro Vejarano Jara
Presidente

M.Sc. Lauriano Antonio Zavaleta De la Cruz
Miembro

M.Sc. Yasser Everet Chiguala Contreras
Miembro

M.Sc. Raida Lourdes Matos Bustamante
Asesora

Dra. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Asesora

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 245 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA HARINA DEL FRUTO DE Myrciaria dubia (CAMU CAMU)	RAMIREZ SANTILLAN HEIDY YANELA	17 % Diecisiete

Tingo María, 21 de julio de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA HARINA DEL FRUTO DE *Myrciaria dubia* (CAMU CAMU)

Autora: RAMIREZ SANTILLAN HEIDY YANELA

Asesoras: M. Sc. Raida Lourdes Matos Bustamante
Dra. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo

Programa de investigación: Ciencias de Alimentos

Grupo de investigación: Ciencias Químicas

Línea de Investigación: Química Pura y Aplicada

Lugar de ejecución: Universidad Nacional Agraria de la Selva

Duración: setiembre 2024 - mayo 2025

Financiamiento: Propio (S/. 4070,00)

Tingo María – Perú. 2025

DEDICATORIA

A Dios:

Por concederme el regalo de la vida y la salud indispensable, por iluminar mi camino con sabiduría ante cada dificultad, y por fortalecerme en los momentos más desafiantes de mi formación académica y profesional.

A mis padres:

César Alex Ramírez Chogas e Inés Ena Santillán Jesús, con sincero agradecimiento y profundo reconocimiento por su guía constante, su apoyo inquebrantable y el respaldo que me permitió alcanzar esta meta.

A mi hermana y sobrina:

Milena Ramírez Santillan y Arya Rosas Santillán, por su cariño, compañía y palabras de aliento que me impulsaron a perseverar.

A mis tíos y primos:

Por estar presentes con su respaldo desinteresado y sus consejos oportunos, que me motivaron a seguir esforzándome y creciendo como persona y como profesional.

AGRADECIMIENTO

- A mi familia, por su acompañamiento constante, dedicación y por haber sido un pilar fundamental en esta etapa trascendental de mi vida.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por ofrecerme la posibilidad de adquirir una formación profesional de calidad.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y a todo su cuerpo docente, por impartir conocimientos valiosos y orientarme con sus enseñanzas a lo largo de mi formación académica.
- A mis asesoras, Dra. Yolanda Ramírez Trujillo y M.Sc. Raida Lourdes Matos Bustamante, por su compromiso, paciencia y apoyo permanente durante la realización de este trabajo de investigación.
- A los integrantes del jurado: M. Sc. Pedro Vejarano Jara, M. Sc. Lauriano Zavaleta de la Cruz y M. Sc. Yasser Everet Chiguala Contreras, por su tiempo, disposición y contribuciones relevantes que enriquecieron el desarrollo de este estudio.
- Al Ing. Darlym Reátegui Díaz, M. Sc. Rubén Jenry Silva Ordoñez y M. Sc. Melchor Soria Iturri, por su colaboración, orientación técnica y amistad sincera durante la ejecución de esta tesis.
- Y a mis compañeros y amigos Sonia Flores, Jeyson Trinidad, María de los Ángeles, Rosita Huarauya, Delsy Castro, Katerine Machado y Yheyson Alarcon, por su valioso apoyo, compañerismo y motivación a lo largo de mi trayectoria universitaria.

ÍNDICE

RESUMEN
I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA 3
2.1. Antecedentes 3
2.2. Generalidades del camu camu 4
2.2.1. Composición nutricional 6
2.2.2. Harina del fruto de camu camu 7
2.3. Ácido ascórbico, funciones y estabilidad al calor 7
2.3.1. Factores que afectan la estabilidad del ácido ascórbico 8
2.3.2. Cinética de degradación del ácido ascórbico 9
2.4. Espectrofotometría 9
2.5. Antioxidantes 9
2.5.1. Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos 10
2.6. Secado 11
2.6.1. Secador por aire caliente 11
2.6.2. Secado en estufa 12
2.6.3. Etapas del proceso de secado: deshumificación y deshidratación 13
2.6.4. Punto de Transición Vítrea (Tg) y su relevancia en el secado 14
2.7. Goma xantana 14
III. MATERIALES Y METODOS 15
3.1. Lugar de ejecución 15
3.2. Recolección y preparación de la muestra 15
3.3. Equipos, materiales y reactivos 15
3.3.1. Equipos 15
3.3.2. Materiales 15
3.3.3. Reactivos 15
3.4. Metodología experimental 16
3.4.1. Secado y obtención de la harina de camu camu 16
3.4.2. Determinación del contenido de ácido ascórbico en la harina de camu camu obtenida a diferentes temperaturas de secado 17
3.4.3. Determinación de la capacidad antioxidante de la harina de camu camu 19
3.5. Diseño experimental 21
3.6. Análisis estadístico 21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 22
4.1. Pérdida de peso durante el secado del camu camu 22

4.2. Contenido de ácido ascórbico en pulpa fresca y en las harinas de camu camu 24
4.3. Capacidad antioxidante en pulpa y en las harinas de camu camu 26
4.4. Relación entre la temperatura y la perdida de actividad funcional 27
V. CONCLUSIONES 28
VI. PROPUESTAS A FUTURO 29
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Página

1. Composición nutricional de la parte comestible del camu camu a base de 100 gramos. 6
2. Preparación de reactivos 18
3. Preparación de concentración del estándar de ácido ascórbico. 18
4. Pérdida de peso durante el secado de la pulpa de camu camu 22
5. Contenido de vitamina C en harina de camu camu obtenida a 50 °C, 60 °C y 70 °C. 24
6. Capacidad antioxidante por DPPH en harinas de camu camu obtenidas a temperaturas de 50°C, 60 °C y 70 °C. 26
7. Capacidad antioxidante por ABTS en harinas de camu camu obtenidas a temperaturas de 50°C, 60 °C y 70 °C. 26

RESUMEN

El camu camu (*Myrciaria dubia*) es una fruta amazónica reconocida por su alto contenido de vitamina C y compuestos antioxidantes. El presente estudio evaluó el efecto de la temperatura de secado (50 °C, 60 °C y 70 °C) sobre el contenido de ácido ascórbico y la capacidad antioxidante (métodos ABTS y DPPH) de harinas obtenidas a partir de la pulpa de camu camu. Se utilizó goma xantana como agente estabilizante durante el proceso de secado en estufa, y se aplicaron métodos espectrofotométricos para la determinación del contenido de ácido ascórbico (método DFLF) y de la actividad antioxidante (métodos DPPH y ABTS), expresados en equivalentes de Trolox (TEAC). Los resultados mostraron una disminución significativa del contenido de vitamina C desde $2{,}643 \pm 0{,}120$ g/100 g en la pulpa fresca hasta $0{,}284 \pm 0{,}009$ g/100 g en la harina secada a 70 °C. De igual manera, la capacidad antioxidante disminuyó con el incremento de temperatura, obteniéndose los valores más altos en la pulpa fresca (ABTS: $14{,}695 \pm 0{,}808$; DPPH: $6{,}431 \pm 0{,}083$) y los más bajos en la harina secada a 70 °C (ABTS: $2{,}268 \pm 0{,}230$; DPPH: $1{,}251 \pm 0{,}014$). Se concluye que el secado a 50 °C permite preservar en mayor medida los compuestos antioxidantes y la vitamina C en la harina de camu camu, siendo una alternativa viable para su conservación y posterior utilización como ingrediente funcional. Asimismo, la goma xantana no interfiere en los análisis espectrofotométricos y puede ser utilizada como estabilizante en la formulación. Estos resultados aportan información valiosa para el desarrollo de productos derivados de camu camu con valor agregado y funcionalidad antioxidante.

Palabras clave: *Myrciaria dubia*, ácido ascórbico, secado, antioxidantes, DPPH, ABTS.

ABSTRACT

Camu camu (*Myrciaria dubia*) is an Amazon fruit that is known for its high vitamin C content and its antioxidant components. In the present study, the effect of the drying temperature (50 °C, 60 °C and 70 °C) on the ascorbic acid content and the antioxidant capacity (ABTS and DPPH methods) for flour obtained from camu camu pulp was evaluated. Xanthan gum was used as a stablizing agent during the drying process in the stove, and spectrophotometric methods were applied to determine the ascorbic acid content (FDFL method; DFLF in Spanish) and the antioxidant activity (DPPH and ABTS methods), expressed in Trolox equivalentes (TEAC). The results revealed a significant decrease in the vitamin C content, from 2.643 ± 0/120 g/100 g of fresh pulp to 0.284 ± 0.009 g/100 g in the flour dried at 70 °C. In the same manner, the antioxidant capacity decreased with an increase in temperature, where the highest values were obtained in the fresh pulp (ABTS: 14.695 ± 0.808; DPPH: 6.431 ± 0.083) and the lowest was in the flour dried at 70 °C (ABTS: 2.268 ± 0.230; DPPH: 1.251 ± 0.014). It was concluded that drying at 50 °C allowed for the preservation of the greatest measure of antioxidante compounds and vitamin C in the camu camu flour, [thus], it was a viable option for its conservation, and later use as a functinoal ingredient. At the same time, the xanthan gum did not interfere in the spectrophotometric analyses and it can be used as a stablizer in the formula. These results provided valuable information for the development of the products derived from camu camu, with added value and antioxidant funtionality.

Keywords: *Myrciaria dubia*, ascorbic acid, drying, antioxidants, DPPH, ABTS.

I. INTRODUCCIÓN

El camu camu (*Myrciaria dubia*) es una fruta originaria de la Amazonía, siendo el Perú el principal país productor y centro de diversidad genética. Se caracteriza por su elevada concentración de vitamina C, considerada una de las más altas entre las frutas tropicales. Además, contiene flavonoides y compuestos fenólicos, los cuales contribuyen a su potente capacidad antioxidante, lo que ha despertado un creciente interés en el campo agroindustrial (Arellano et al., 2016). En el año 2020, las exportaciones de este fruto experimentaron un notable aumento, alcanzando cifras récord y consolidándose en mercados internacionales como Estados Unidos, la Unión Europea, Japón, Canadá y Australia (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2021).

El ácido ascórbico es conocido por su inestabilidad frente a diversos factores físicos y químicos. Su degradación puede verse acelerada por el pH, el oxígeno, el calor, algunas enzimas, minerales traza, la luz, ciertos compuestos salinos y la actividad del agua. Además, su contenido puede disminuir durante etapas previas al procesamiento, como el corte o la aplicación de tratamientos térmicos, siendo especialmente vulnerable durante el secado (Granados, 2022).

En frutas y hortalizas, la vitamina C se presenta principalmente como ácido L-ascórbico (L-AA), aunque también puede encontrarse como ácido L-deshidroascórbico (DHAA), un compuesto que mantiene la actividad biológica de la vitamina (Orosco, 2017). Por su carácter inestable, el ácido ascórbico presenta una mayor tendencia a descomponerse en comparación con otras vitaminas hidrosolubles (Granados, 2022), lo que explica su alta susceptibilidad a las condiciones de manejo y conservación de alimentos como frutas y hortalizas (Sánchez et al., 2015).

Debido a su elevada perecibilidad, se han desarrollado diversas estrategias de conservación, entre ellas el secado, que permite transformarlo en harina, prolongar su vida útil y facilitar su incorporación en distintos productos alimenticios. No obstante, este proceso conlleva cambios fisicoquímicos que pueden afectar negativamente a los compuestos bioactivos, especialmente los sensibles al calor, como la vitamina C y los polifenoles. La temperatura de secado es un factor crítico en la preservación de estos compuestos. Diversos estudios han demostrado que temperaturas elevadas pueden provocar una degradación significativa del contenido antioxidante y vitamínico en frutas y vegetales.

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue analizar el efecto de tres temperaturas de secado (50 °C, 60 °C y 70 °C) sobre el contenido de vitamina C y la capacidad

antioxidante de la harina de camu camu, utilizando los métodos DPPH y ABTS. Este estudio busca aportar evidencia científica para seleccionar condiciones óptimas de procesamiento que permitan conservar los beneficios nutricionales y funcionales de esta valiosa fruta amazónica, contribuyendo al desarrollo de productos alimentarios con alto valor agregado.

Los objetivos específicos de la investigación fueron:

- Evaluar a diferentes temperaturas el proceso de secado para la obtención de harina de camu camu
- Determinar el contenido de ácido ascórbico de la harina de camu camu obtenida a diferentes temperaturas de secado.
- Evaluar la capacidad antioxidante por métodos espectrofotométricos (DPPH y ABTS) de la harina de camu camu obtenida a diferentes temperaturas de secado.
- Identificar la temperatura de secado que permite conservar en mayor medida los compuestos bioactivos del camu camu.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Galván y Ballesteros (2019) en su investigación, determinaron cómo influían la temperatura (50, 60 y 70 °C) y la velocidad del aire (1 y 2 m/s) afectaban el secado de la cáscara de piña, con el fin de conseguir harina con un alto nivel fibra. Los resultados indicaron que el mejor rendimiento se obtuvo a 60 °C y 2 m/s de velocidad de aire, lo que también mejoró la difusividad tanto de la masa como de la energía. Esto se tradujo en un tiempo de secado más corto y una mayor retención de fibra.

Basilio-Atencio y Panduro-Contreras (2021) llevaron a cabo un estudio titulado: Evaluación de la estabilidad mediante pruebas aceleradas de la cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) deshidratada por aire caliente. El propósito de esta investigación fue examinar la estabilidad de los compuestos bioactivos presentes en la cáscara de camu camu, que se secó a una temperatura de 50 °C y se mantuvo a diferentes temperaturas (40, 50 y 60 °C) durante un periodo de 45 días. Se midieron el contenido de vitamina C, los polifenoles totales y la capacidad antioxidante cada cinco días. Los resultados mostraron que el secado a 40 °C ofreció la mejor conservación, exhibiendo una cinética de degradación de primer orden, con una vida útil media de 54 días para la vitamina C, 28 días para los polifenoles y 47 días para la capacidad antioxidante, que disminuyeron al incrementarse la temperatura.

En un estudio realizado en 2020 titulado: El efecto de la temperatura y el tiempo de pasteurización sobre la degradación térmica de la vitamina C en la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia*), Grández examinó cómo las condiciones de pasteurización afectan la preservación de la vitamina C en esa pulpa. Se realizaron experimentos a temperaturas de 70 °C, 80 °C y 90 °C, aplicando tiempos de pasteurización de 10, 20, 30 y 40 minutos. Los resultados mostraron que la concentración de vitamina C disminuye con el incremento tanto de la temperatura como del tiempo de tratamiento, siguiendo patrones cinéticos de primer orden. Este estudio logró determinar las tasas de degradación, los tiempos de reducción decimal, las vidas medias y la energía de activación, aportando datos importantes para perfeccionar el procesamiento de la pulpa de camu camu y minimizar la pérdida de vitamina.

Ruiz (2022) investigó la harina de mango (*Mangifera indica*) y examinó cómo el secado tradicional afecta la cantidad de compuestos bioactivos. Su investigación se centró en cómo distintos parámetros de secado afectan la concentración de estos compuestos en la harina de mango, aprovechando los elevados niveles de compuestos fenólicos y vitamina C presentes en este fruto. Para ello, se utilizaron muestras de mango de descarte, cuyas pulpas se laminaban

en grosores de 2,5 y 5 mm y se secaban a temperaturas de 40, 50 y 60 °C mediante un proceso convectivo. Una vez secas, las harinas resultantes fueron pulverizadas, tamizadas y envasadas. Los resultados revelaron que al secar a 50 °C y con un grosor de 2,5 mm, se logró la mayor cantidad de vitamina C, alcanzando 126,95 mg por cada 100 g de harina. Por otro lado, el secado a 60 °C y con el mismo grosor generó el mayor contenido de compuestos fenólicos totales, con 294,10 mg GAE por cada 100 g de harina. Esto sugiere que las condiciones de secado afectan de manera considerable la conservación de esos compuestos bioactivos en la harina de mango.

En su investigación titulada: Efecto de diversas condiciones de secado en la concentración de ácido ascórbico de hojuelas deshidratadas de camu camu (Myrciaria dubia), Delgado (2023) se propuso analizar cómo la temperatura y la técnica de secado influyen en el nivel de ácido ascórbico en estas hojuelas de fruta. Para llevar a cabo esto, se aplicaron dos métodos de secado: el uso de estufa al vacío y un secador de bandejas, a temperaturas de 50, 55 y 60 °C, con tiempos de secado de 25, 19 y 18 horas para la técnica al vacío, y de 50, 55 y 60 °C con duraciones de 17, 13,5 y 12 horas para el secado por aire caliente. En el transcurso del estudio, se registraron variables como el pH, la acidez titulable, la humedad, la actividad de agua y la cantidad de vitamina C presente tanto en la fruta como en las hojuelas. Los hallazgos indicaron que el secado al vacío ofreció una medición más exacta de la actividad de agua, mientras que el secado por aire caliente fue más efectivo para conservar una mayor cantidad de vitamina C.

2.2. Generalidades del camu camu

El camu camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) es un arbusto frutal que se desarrolla de forma silvestre a lo largo de las márgenes de ríos y lagos, representando una especie típica de la zona amazónica, especialmente en la cuenca del río Amazonas occidental. Esta especie habita en varias regiones de la Amazonía de Perú, Colombia, Brasil y Venezuela. Su notable capacidad comercial radica en sus sobresalientes características agronómicas, tecnológicas y nutracéuticas, siendo especialmente reconocido por su elevado nivel de ácido ascórbico y otros compuestos útiles que se encuentran en sus frutos. El camu camu tiene un alto aprecio en los mercados de naciones como Japón, Francia, Alemania y Estados Unidos (López, 2017).

La producción de camu camu en Loreto es casi en su totalidad orgánica, y una parte de ella ha logrado obtener certificación. En la región de Ucayali, en cambio, se cultiva principalmente en plantaciones y se utilizan en gran medida fertilizantes y agroquímicos. El camu camu se desarrolla de forma silvestre en las márgenes anegadas de los ríos amazónicos de aguas oscuras y se encuentra principalmente en el Nor-Oriente del Perú. Por esta razón, se

estima que el país es responsable del 80% de la producción mundial de esta fruta. (Flores y Ruiz, 2017).

En Perú, el término común "camu camu" se utiliza para designar a cuatro especies de plantas del género *Myrciaria*. La más destacada es *Myrciaria dubia*, considerada el verdadero camu camu y caracterizada por su forma arbustiva. También se identifica *Myrciaria floribunda* (H. West ex Willd.) O. Berg, un árbol cuyas frutas se distinguen por su intenso color rojo. Por otro lado, se encuentra *Myrciaria* sp. 1, que se presenta como un árbol cuyas frutas, de cáscara marrón al madurar, son más grandes que las de *M. floribunda*. Por último, está *Myrciaria* sp. 2, conocida en la región como "camu camu dulce", cuyas pequeñas frutas adquieren un tono negro al llegar a la madurez (López, 2017).

La categorización científica del camu camu, de acuerdo con Turin (2018), es la siguiente:

Reino	Vegetal
Tipo	Fanerógamas
Subtipo	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Genero	Myrciaria
Especie	Dubia H.B.K. Mc Vaugh

- **Morfología**

El arbusto, que puede alcanzar hasta 8 metros de altura, se distingue por su abundante propagación desde la base, adoptando una forma similar a una vaina abierta. Sus troncos y ramas son suaves y tienen una forma cilíndrica de color marrón, con una corteza que se desprende de manera natural a medida que progresa su desarrollo.

La raíz presenta una forma cónica que puede extenderse hasta 50 cm en el terreno, con múltiples raíces en la superficie. Los tallos son en forma de cilindro, con un grosor de 15 cm, y cuentan con una corteza suave de color marrón que se descompone en finos ritidomas tras las inundaciones. Las hojas de esta especie son simples y se disponen de manera opuesta, mostrando distintas formas que varían desde ovadas hasta elípticas o lanceoladas. La hoja mide entre 5,6 y 11 cm de largo y entre 1,8 y 5 cm de ancho; tiene un extremo puntiagudo, una base redondeada y bordes que pueden ser enteros o un poco ondulados. La disposición de las venas

es reticulada, con una vena central plana en la parte superior y apenas notable en la parte inferior, acompañada de entre 8 y 24 pares de venas secundarias (Hernández et al., 2014).

Las inflorescencias aparecen en grupos, y son axial y caulinar, organizándose de 3 a 6 flores por cada axila. Las flores, que son hermafroditas y casi sin tallo, tienen un diámetro que varía entre 1 y 1,2 cm, y presentan cuatro pétalos libres de color blanco. El estilo mide entre 8 y 9,2 mm de longitud y hay aproximadamente 125 estambres. Los frutos son bayas esféricas con una superficie lisa; cuando están inmaduros son de color verde y se tornan rojizos o oscuros al madurar. Su diámetro promedio oscila entre 2,4 y 2,6 cm, y su peso ronda los 6,9 g. (López, 2017). En su interior se encuentran entre una y cuatro semillas, comparadas con dos por fruto, de forma reniforme. (Hernández et al., 2014).

2.2.1. Composición nutricional

La composición nutricional del camu camu, según Imán et al. (2011), se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional de la parte comestible del camu camu a base de 100 gramos.

Compuesto	Cantidad
Valor energético	17 cal
Agua	94,4 g
Carbohidratos	4,7 g
Proteínas	0,5 g
Fibra	0,6 g
Cenizas	0,2 g
Calcio	27 mg
Fósforo	15 mg
Hierro	0,5 mg
Tiamina	0,01 mg
Riboflavina	0,04 mg
Niacina	0,062 mg
Ácido ascórbico reducido	2780 mg
Ácido ascórbico total	2994 mg

Fuente. Imán et al. (2011).

El camu camu es una especie frutal originaria de la Amazonía, particularmente valorada por su altísimo contenido de vitamina C, el cual puede superar ampliamente al de otras frutas cítricas. Además, contiene polifenoles, antocianinas y otros compuestos con capacidad antioxidante. Su uso tradicional en la región amazónica está vinculado a beneficios para el sistema inmunológico y como tónico general.

Este fruto destaca por su excepcional concentración de ácido ascórbico en la pulpa, superando los 2700 mg por cada 100 gramos, una cifra notablemente mayor que la que se encuentra en otras frutas tropicales (ver Tabla 1). Gracias a su elevado contenido de vitaminas, el camu camu ha sido clasificado como un alimento de alta calidad nutricional (Pinedo y Paredes, 2011). En contraste con el limón, esta fruta ofrece cinco veces la cantidad de vitamina C (44,2 mg/100g) y, comparado con la naranja, entrega 30 veces más vitamina C, 10 veces más hierro, tres veces más niacina, el doble de riboflavina y un 50% adicional de fósforo (Imán et al., 2011).

2.2.2. Harina del fruto de camu camu

Según el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS) en 2021, la harina de frutas se elabora a través de un proceso de secado o deshidratado industrial, seguido de la molienda y el tamizado. Este proceso puede realizarse con o sin fortificación en el caso de productos industrializados, o mediante un secado natural para obtener el producto primario, que se envasa herméticamente.

Sobre las temperaturas utilizadas en el proceso de secado, estas van desde 30 hasta 85 °C, y el tiempo puede cambiar de 4 a 48 horas (Santos et al., 2022). Esta fase es fundamental, ya que afecta considerablemente la calidad de la harina producida, además del contenido de micronutrientes y fitoquímicos (Kolla et al., 2021).

2.3. Ácido ascórbico, funciones y estabilidad al calor

La vitamina C, que se identifica como ácido ascórbico, es una sustancia química formada por seis átomos de oxígeno, seis de carbono y ocho de hidrógeno. Esta estructura específica le otorga un gusto un poco ácido y, por su característica, se considera un ácido de baja potencia (Delgado, 2023). Perteneciente al grupo de las vitaminas hidrosolubles, la vitamina C se distingue por exhibir una estructura enediol unida a una lactona, lo que le otorga propiedades ácidas y una notable capacidad reductora (Ardila y Yunda, 2017).

Su función en el organismo humano es esencial, ya que participa en múltiples procesos fisiológicos. Entre sus roles más destacados se encuentra su acción como antioxidante, que le permite neutralizar radicales libres y prevenir el daño celular, contribuyendo así a la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como afecciones cardiovasculares, diabetes tipo 2 y ciertos tipos de cáncer (Delgado, 2023). Además, la vitamina C fortalece el sistema inmunológico, mejora la absorción del hierro no hemo de origen vegetal y es crucial para la síntesis de colágeno, indispensable para la salud de la piel, articulaciones, vasos sanguíneos y otros tejidos. También se ha asociado con efectos antiinflamatorios y funciones protectoras en el hígado y el sistema nervioso (Villagrán et al., 2019).

2.3.1. Factores que afectan la estabilidad del ácido ascórbico

El ácido ascórbico, pese a su importancia nutricional, presenta una alta sensibilidad frente a factores ambientales. Es particularmente vulnerable a la degradación por efecto del oxígeno, la luz, el pH, la presencia de metales como el hierro y el cobre, así como a temperaturas elevadas. Estas condiciones pueden acelerar su oxidación y reducir su efectividad biológica (Chang, 2013).

Durante tratamientos térmicos como el secado, la vitamina C se degrada principalmente por mecanismos de oxidación, dando lugar a compuestos como el ácido dehidroascórbico y otros productos carentes de actividad antioxidante. En este proceso, también puede liberarse una pequeña cantidad de agua como subproducto de las reacciones químicas involucradas, lo cual forma parte de la transformación molecular que sufre esta vitamina. (Canahualpa y Solano, 2018).

Adicionalmente, al ser soluble en agua, el ácido ascórbico puede perderse por lixiviación en alimentos que han sido cortados o triturados. En productos procesados, las principales pérdidas posteriores al manejo suelen deberse a la degradación química, mientras que en alimentos ricos en esta vitamina, como las frutas, dichas pérdidas están asociadas con procesos de pardeamiento no enzimático (Guzmán, 2014).

La variabilidad del contenido de vitamina C en frutos como el camu camu depende también de factores agronómicos como el tipo de suelo, el régimen hídrico, las condiciones climáticas y la fertilización, lo que provoca una concentración fluctuante entre diferentes cosechas (Chang, 2013).

2.3.2. Cinética de degradación del ácido ascórbico

La degradación del ácido ascórbico en alimentos generalmente responde a una cinética de primer orden, en la cual la velocidad de degradación es proporcional a la concentración de la vitamina presente en el sistema. Esta relación se expresa mediante la ecuación: $\mathbf{Ln}\ (C) = \mathbf{ln}\ (C_0) - kt$, donde C_0 representa la concentración inicial, C la concentración en el tiempo; t y k la constante de velocidad. Este comportamiento ha sido reportado en múltiples estudios, especialmente en procesos de secado térmico, almacenamiento y tratamiento térmico de frutas y vegetales. La cinética de primer orden implica que la tasa de pérdida de vitamina C disminuye progresivamente con el tiempo, a medida que disminuye su concentración. Factores como la temperatura, el pH, la exposición al oxígeno, la presencia de metales y la actividad de agua pueden alterar el valor de la constante **k**, acelerando o desacelerando el proceso de degradación (Canahualpa y Solano., 2018).

2.4. Espectrofotometría

La espectrofotometría es una técnica analítica de gran relevancia en los ámbitos de la investigación, control de calidad y producción, ya que permite analizar cómo interactúa la luz con diferentes muestras. Su fundamento se basa en la absorción de radiación electromagnética a diversas longitudes de onda, lo que proporciona valiosa información sobre la pureza, concentración y composición del analito. Para llevar a cabo un análisis cuantitativo, se mide la absorbancia, que se grafica en función de la longitud de onda; la altura de los picos de absorción resultantes es proporcional a la concentración del compuesto presente en la muestra (Luftman, 2018).

En el caso de la determinación del ácido ascórbico mediante espectrofotometría, el método se apoya en la capacidad del ácido ascórbico para reducir el colorante 2,6 dicloroindofenol en solución. De este modo, la cantidad de ácido ascórbico está directamente vinculada con la capacidad de un extracto de muestra para disminuir una solución estándar de tinte, que se mide por espectrofotometría (Campos, 2021).

2.5. Antioxidantes

Un antioxidante es una sustancia capaz de neutralizar los radicales libres al donarles electrones, lo que disminuye su potencial oxidativo. Esta acción es fundamental para prevenir procesos asociados con el envejecimiento celular y el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas. Al ceder un electrón, el antioxidante logra estabilizar al radical libre,

limitando así su reactividad. En ciertos casos, como sucede con la vitamina E, el antioxidante puede ser regenerado por otros compuestos de la misma naturaleza, recuperando su forma activa y prolongando su efecto protector (Guzmán, 2014).

Los radicales libres son moléculas o átomos que contienen al menos un electrón desapareado, lo que los convierte en especies altamente reactivas e inestables. Su formación puede deberse a procesos como la oxidación, la exposición a radiación, el estrés térmico o ciertas reacciones metabólicas. Entre los radicales más comunes se encuentran el radical hidroxilo (·OH), el radical superóxido ($O_2^{-}\cdot$) y el radical peroxilo (ROO·) (Guija y Guija, 2023).

Desde el punto de vista químico, estos radicales buscan capturar un electrón o un átomo de hidrógeno de otras moléculas para alcanzar estabilidad. Esta reacción puede comprometer componentes esenciales como lípidos, proteínas o ADN, iniciando una reacción en cadena oxidativa. En los alimentos, dicho proceso ocasiona la degradación de nutrientes, oxidación lipídica (rancidez) y pérdida de características organolépticas como el color, sabor y textura (Tapia, 2021).

Los antioxidantes naturales, como el ácido ascórbico o los compuestos fenólicos, interrumpen esta cadena al donar un electrón o un hidrógeno sin volverse ellos mismos radicales perjudiciales. Por ello, actúan como neutralizadores o captadores de radicales libres, protegiendo la integridad estructural y funcional de los alimentos.

2.5.1. Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos

La capacidad antioxidante de un alimento se refiere a su potencial para neutralizar radicales libres, contribuyendo así a la prevención del estrés oxidativo y enfermedades crónicas (Guija y Guija, 2023). En frutos como el camu camu, esta propiedad está vinculada no solo a su contenido de ácido ascórbico, sino también a la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides.

Para evaluar esta capacidad, se emplean comúnmente métodos químicos que se basan en la propiedad de los antioxidantes para neutralizar radicales libres o actuar como agentes reductores. Una estrategia ampliamente utilizada consiste en medir la pérdida de color de ciertos compuestos cromógenos al ser reducidos por antioxidantes, siendo dicha pérdida proporcional a su concentración (Leyva, 2009).

Entre los métodos más utilizados destaca el ensayo DPPH, que emplea el radical libre estable 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, caracterizado por un color violeta intenso el cual se reduce tras reaccionar con un antioxidante que le cede un átomo de hidrógeno. Este color se desvanece progresivamente cuando entra en contacto con antioxidantes, y la

disminución de la absorbancia se mide mediante espectrofotometría a 515 nm, lo que permite estimar la capacidad de la muestra para inactivar radicales libres. Es un método sencillo y ampliamente aplicado en alimentos y extractos vegetales (Caisahuana, 2012).

Otro método relevante es el ABTS, que utiliza el radical catiónico $ABTS^{+}$, generado químicamente por oxidación con persulfato de potasio, el cual presenta una coloración azul-verde. Su interacción con antioxidantes produce una reducción del color, que se cuantifica a una longitud de onda de 734 nm. Si bien se ha indicado que este método no siempre refleja fielmente la actividad antioxidante total, su ventaja radica en que permite evaluar tanto compuestos hidrofílicos como lipofílicos (Leyva, 2009).

Además de los métodos mencionados, existen otras técnicas como FRAP, ORAC y DMPD, cada una con características específicas según el tipo de muestra y mecanismo de acción. No obstante, los ensayos DPPH y ABTS siguen siendo los más empleados por su simplicidad, reproducibilidad y aplicabilidad en matrices alimentarias y extractos vegetales.

2.6. Secado

El secado es un procedimiento en el que se suprime el agua disponible o libre para los microorganismos, previniendo así la formación de reacciones químicas (Domke y Gajardo, 2015). En el ámbito industrial, existen diversos tipos de secadores que son los más utilizados, entre los cuales se destacan los secadores de bandejas, secadores neumáticos, torres de atomización, secadores de leche fluidizada, secadores de cilindro rotativo, secadores de vacío y secadores por microondas. La selección del secador más apropiado debe tomar en cuenta varios factores, siendo el primero la naturaleza del producto, seguido de consideraciones económicas y de las condiciones de operación (Ibarz y Barbosa, 2011).

Los cálculos vinculados al secado se basan en entender las características tanto del alimento como del aire. Este fenómeno es intrincado, dado que implica procesos agrupados de transmisión de calor, masa y momento. El sistema específico que regula el secado de un producto específico se basa en su estructura, además de factores como el nivel de humedad y las dimensiones de equilibrio (Cabascango, 2018).

2.6.1. Secador por aire caliente

El secador de bandejas está equipado con platos móviles que pueden ser perforados o estar confeccionados en malla metálica, diseñados específicamente para colocar el material que se desea deshidratar. Una vez que se carga el gabinete, este se cierra y un

ventilador comienza a introducir aire caliente a través de los platos, con el objetivo de eliminar la humedad en forma de vapor. Este sistema de secado se distingue por contar con bandejas donde se disponen los alimentos a deshidratar, así como un ventilador y un conjunto de resistencias eléctricas localizadas en la entrada del equipo, que son responsables de generar el aire caliente necesario. El flujo de aire se dirige hacia la sección donde se encuentran las bandejas, lo que facilita un eficiente proceso de secado por convección (Cerron y Junchaya, 2019).

El procedimiento de secado convectivo consiste en aplicar calor mediante una corriente de aire o gas caliente que se desplaza por la superficie del material sólido. En este tipo de sistema se pueden emplear diversos agentes térmicos, como aire caliente, gases inertes, vapor sobrecalentado o gases generados por combustión directa. Sin embargo, es importante señalar que este tratamiento térmico puede provocar distintas transformaciones en los alimentos que podrían comprometer su calidad. Estas variaciones incluyen cambios en la textura y forma, alteraciones estructurales y composicionales, modificaciones en el sabor y el aroma, variaciones en el color, así como la degradación de compuestos nutricionales sensibles (Bautista y Valdiveiso, 2016).

Cuando se trabaja con materiales de tipo granular, estos pueden disponer sobre bandejas con fondo de malla o tamiz. En este tipo de sistema, conocido como secador de circulación cruzada, el aire atraviesa un lecho permeable, lo que permite una mayor exposición de superficie al flujo de aire, favoreciendo una reducción en los tiempos de secado (Gálvez, 2016).

2.6.2. Secado en estufa

El secado en estufa, aunque no constituye el método más idóneo para preservar compuestos termosensibles como la vitamina C, ofrece ventajas significativas en entornos de laboratorio y en investigaciones a pequeña escala. Este equipo opera mediante la aplicación de calor convectivo, generando un flujo de aire caliente que circula dentro de una cámara cerrada y favorece la evaporación progresiva del agua presente en la muestra (Sette, 2015). Su diseño permite mantener una temperatura constante y uniforme, lo cual facilita la repetibilidad del proceso y la evaluación de variables térmicas. Además, se trata de una técnica accesible, de bajo costo y fácil de emplear, lo que la convierte en una opción ideal para ensayos preliminares (Delgado, 2023). También posibilita el análisis del efecto de agentes estabilizantes y encapsulantes sobre la estabilidad estructural de la pulpa durante el proceso de secado.

Según Elías et al. (2020), durante el secado en estufa, al exponer un material con un contenido de humedad considerable a una corriente de aire caliente, se inicia un proceso de transferencia de calor que se ve principalmente dominado por convección forzada entre el aire caliente y la superficie del producto. A medida que esta transferencia de calor ocurre, la temperatura interna del material aumenta, provocando la evaporación del agua contenida. Este fenómeno genera una transferencia de masa, en la que el vapor de agua migrante desde el interior hacia la superficie es arrastrado por el flujo de aire. El conjunto de estos mecanismos de transferencia de calor y masa es esencial en el secado por convección, y su efectividad depende de factores como la temperatura del aire, el tiempo de exposición, la humedad relativa y el grosor de la muestra.

2.6.3. Etapas del proceso de secado: deshumificación y deshidratación

El secado térmico de productos agroindustriales, como el camu camu, se puede dividir en dos etapas fundamentales: deshumificación **y** deshidratación, cada una con características termodinámicas y efectos fisicoquímicos distintos.

La deshumificación corresponde a la primera fase del proceso de secado y se clasifica como una operación unitaria, ya que involucra la eliminación del agua libre contenida en el alimento sin alterar significativamente su estructura molecular. Esta agua no está unida químicamente a los constituyentes del producto y se encuentra en los espacios intercelulares o adherida a la superficie. Durante esta etapa, la transferencia de calor, comúnmente por convección, provoca la evaporación del agua superficial, generando una alta velocidad de secado. Esta fase se asocia generalmente con la llamada *etapa de velocidad constante*, donde la temperatura del producto se mantiene cercana a la del aire y la pérdida de humedad es rápida (Ibarz y Barbosa, 2011).

Por otro lado, la deshidratación se considera un proceso unitario, ya que involucra simultáneamente transferencia de calor, masa y cambios fisicoquímicos internos. En esta fase se elimina el agua ligada, que se encuentra retenida por enlaces de hidrógeno o interacciones con proteínas, polisacáridos y compuestos bioactivos (como el ácido ascórbico). Esta agua es más difícil de remover, requiere mayor aporte energético y se relaciona con una disminución progresiva de la velocidad de secado (Medina, 2015).

Durante la deshidratación, la temperatura del alimento puede incrementarse significativamente, lo que puede inducir reacciones de degradación térmica de compuestos sensibles, como la oxidación del ácido ascórbico, la degradación de polifenoles o la aparición de reacciones de Maillard. Estos fenómenos afectan directamente la calidad nutricional y

funcional del producto final, así como sus propiedades organolépticas. La adecuada comprensión y control de ambas etapas es esencial para diseñar estrategias de secado que minimicen la pérdida de nutrientes y maximicen la eficiencia energética del proceso (Canahualpa y Solano, 2018).

2.6.4. Punto de Transición Vítrea (Tg) y su relevancia en el secado

El secado es una técnica fundamental para conservar frutas tropicales y transformarlas en productos como harinas o polvos. Sin embargo, la temperatura del proceso influye directamente en la retención de nutrientes. Aunque temperaturas altas aceleran la operación, también pueden causar pérdidas significativas de compuestos sensibles, por lo que es crucial encontrar un equilibrio entre eficiencia del proceso y calidad funcional.

En el caso del camu camu, su alto contenido de azúcares simples (como glucosa y fructosa) representa un desafío tecnológico. Estos azúcares presentan un punto de transición vítrea (Tg) bajo, generalmente entre 10 °C y 45 °C. El Tg corresponde a la temperatura a la que un material amorfo pasa de un estado vítreo, rígido y de alta viscosidad, a uno gomoso o pegajoso con mayor movilidad molecular (Schebor, 2000). Cuando se supera este punto durante el secado, los azúcares se tornan pegajosos, lo que ocasiona colapso estructural, apelmazamiento y adhesión a las superficies del equipo.

Este fenómeno complica la obtención de un polvo seco y estable. Por esta razón, la industria recurre a agentes encapsulantes o portadores, como la maltodextrina o la goma arábiga, que ayudan a elevar el Tg del sistema. Esto favorece un secado más eficiente y mejora las propiedades físicas del producto final (Schebor, 2000).

2.7. Goma xantana

Según Camona (2015), La goma xantana, polisacárido hidrofílico de alta viscosidad, es utilizada como estabilizante en formulaciones con bajo punto de transición vítrea (Tg), como las pulpas de frutas con alto contenido de azúcares. Su incorporación ayuda a reducir la movilidad molecular, estabilizar la estructura del producto durante el secado y disminuir la pegajosidad, aun cuando no eleva directamente el Tg. Además, potencia la acción de otros encapsulantes como la maltodextrina, favoreciendo la obtención de un polvo seco más estable y manejable.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

El estudio se realizó en los laboratorios de Análisis de Alimentos, Secado y en el Laboratorio Central de Investigación (LCI) en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), situada en el distrito Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco con dirección en la Carretera central km 1,21 Tingo María, a una altitud de 660 m.s.n.m. con coordenadas de 09° 17′08′′ de latitud Sur a 75° 59′52′′ de longitud oeste, con temperatura promedio anual de 25 °C, una humedad relativa del 78% y una precipitación pluvial anual de 3,179mm.

3.2. Recolección y preparación de la muestra

Se recolectaron frutos maduros de camu camu (*Myrciaria dubia*)-del caserío de Santa Rosa, distrito de Yaniracocha, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali; cuya dirección es: Carretera Federico Basadre km 14. Se cosechó en los meses de noviembre y marzo.

3.3. Equipos, materiales y reactivos

3.3.1. Equipos

Estufa eléctrica ECOCELL, Molinillo marca BOSCH, licuadora National de 2,2 Litros, balanza electrónica (Capacidad de 6 Kg), refrigeradora, Agitador orbital marca SCILOGEX, espectrofotómetros modelo Genesys 10S UV-VIS (Thermo Scientific), centrifuga marca HETTICH.

3.3.2. Materiales

Recipiente de acero inoxidable, frascos de vidrio oscuro con tapa rosca, espátula dentada de plástico, probeta simax azul de 10 mL, sobres trilaminados Kraft, embudo mediano de plástico, vaso precipitado, Cernidor Tamizador N°12mm, cuchara metálica, cuchillo metálico y goma xantana grado alimenticio.

3.3.3. Reactivos

Agua destilada, ácido oxálico, reactivo DPPH, reactivo ABTS, etanol, trolox; acido ascórbico, EDTA, 2,6 Diclorofenolindofenol (DCPIP), hipoclorito de sodio.

3.4. Metodología experimental

3.4.1. Secado y obtención de la harina de camu camu

En la Figura 1. se muestran las operaciones para la obtención de harina de camu camu.

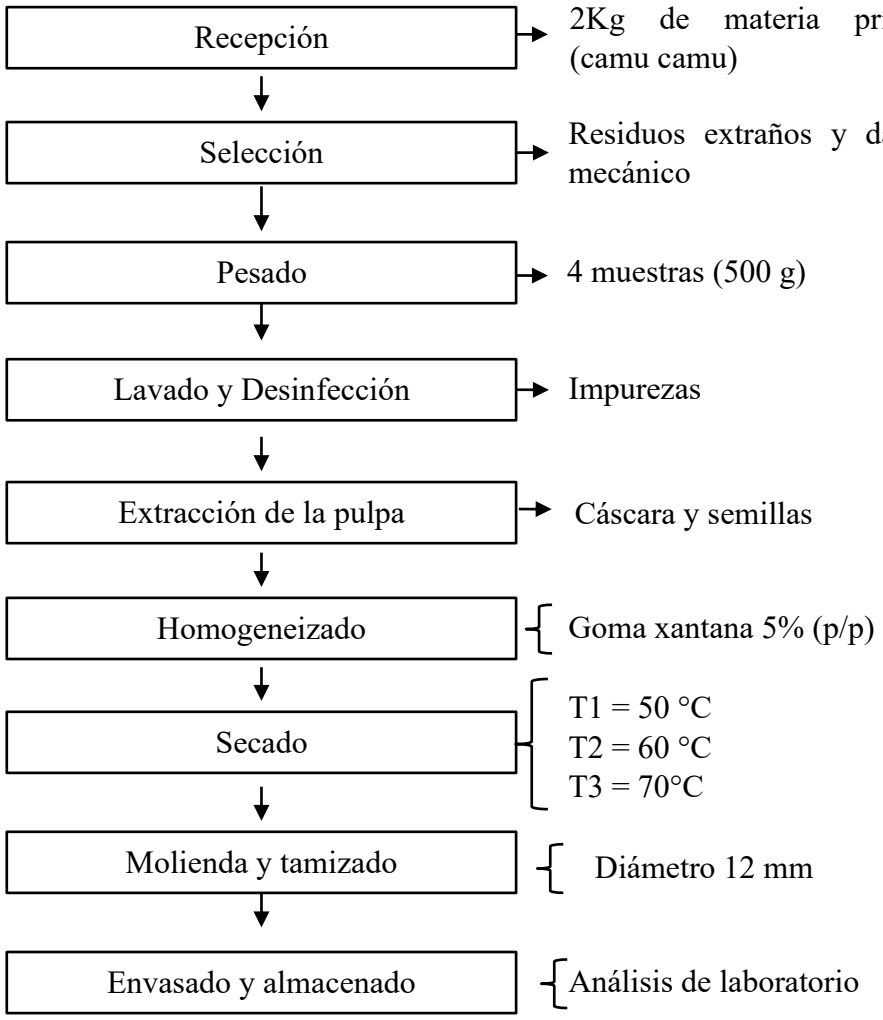


Figura 1. Flujograma sobre la elaboración de harina de camu camu

Recepción

Se recepcionó, 2 kg del fruto de camu camu en estado maduro.

Selección

Se retiraron los frutos con residuos inusuales y daños mecánicos, con el objetivo de elegir los maduros y de mejor aspecto.

Pesado

Se pesaron 4 muestras de 500 gramos por tratamiento, colocados en fuentes metálicos diferentes.

Lavado y desinfección

Los frutos fueron lavados con agua potable para eliminar impurezas; para desinfectar el fruto se sumergirán en una disolución de hipoclorito de sodio a una concentración de 50 ppm durante 1 a 2 min, seguidos de un enjuague en agua.

Extracción de pulpa

Se cortaron por la mitad y con una cuchara, se extrajeron las semillas y pulpa, posteriormente de forma manual se separaron las semillas de la pulpa.

Homogeneizado

Se procedió a pesar la pulpa obtenida y se agregó goma xantana (5% del peso de la pulpa), para homogenizar la mezcla se licuo por 5 segundos.

Secado

La pulpa homogenizada se extendió en bandejas de acero inoxidable y se sometió a secado en un horno de convección forzada a las temperaturas establecidas (50 °C, 60 °C y 70 °C), aproximadamente 24 horas, hasta alcanzar peso constante.

Molienda y tamizado

El producto seco fue molido con un molinillo BOSCH y tamizado con un tamiz de 12 mm para obtener la harina fina. de camu camu.

Envasado y almacenado

La harina obtenida fue envasada en sobres Kraft trilaminados y almacenada a temperatura ambiente, sin exponerse directamente a la luz solar hasta su estudio.

3.4.2. Determinación del contenido de ácido ascórbico en la harina de camu camu obtenida a diferentes temperaturas de secado

Preparación de extracto

Para la preparación del extracto, se pesó 1g de muestra correspondiente a cada tratamiento, la cual fue transferida a un tubo falcon de 50ml. Posteriormente, se adicionaron 20 mL de una solución de ácido oxálico al 0,4 %, agitando suavemente para homogeneizar la mezcla. Esta suspensión fue sometida a centrifugación a 8000 rpm durante 10 minutos a una temperatura de 4 °C. El sobrenadante resultante se transfirió con micropipeta a un microtubo estéril para su análisis inmediato, ya que el almacenamiento prolongado puede provocar la pérdida de compuestos bioactivos de interés.

Preparación de los reactivos y elaboración de la curva de calibración

La curva de calibración del ácido ascórbico se elaboró utilizando como reactivo indicador el 2,6-diclorofenolindofenol (DCPIP), preparado a una concentración de 12 mg/L en agua destilada. Como agente reductor, se empleó ácido ascórbico de grado analítico al 0,1%. A partir de la solución estándar de ácido ascórbico (1000 µg/mL), se prepararon soluciones con concentraciones entre 10 a 100 µg/mL, como se muestra en la Tabla 3

Tabla 2. Preparación de reactivos

Solución	Preparación
Ácido. Oxálico al 0,4%	Se pesaron 4 g de ácido oxálico, se colocaron un balón aforado y se aforó hasta 1L con agua destilada.
Ácido Ascórbico al 0,1%	Se pesaron 10 mg de ácido ascórbico y se disolvieron en ácido oxálico al 4%, luego se aforo hasta 10 mL.
Solución coloreada (DCPIP)	Se Pesaron 12 mg de 2,6 DCPIP, se colocaron en un balón aforado de 1L, se agregó agua destilada y se llevó a baño maría (90 °C) para facilitar su incorporación.
Preparación estándar de Ácido Ascórbico	Se pesaron 100 mg de ácido ascórbico y se aforó hasta 100 mL en agua destilada.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. Preparación de concentración del estándar de ácido ascórbico.

Código	Concentración de ácido ascórbico (µg/mL)	Volumen ácido ascórbico (µL)	Volumen de agua(µL)	Volumen total(µL)
T1	10	10	990	1000
T2	20	20	980	1000
T3	30	30	970	1000
T4	40	40	960	1000
T5	50	50	950	1000
T6	60	60	940	1000
T7	70	70	930	1000
T8	80	80	920	1000
T9	90	90	910	1000
T10	100	100	900	1000

Fuente: Elaboración Propia

Preparación de la curva estándar de ácido ascórbico

Para la elaboración de la curva estándar, se preparó una cubeta con 1000 µL de agua destilada como blanco. Como control, se utilizó una mezcla de 100 µL de ácido oxálico al 0,4 % con 900 µL de la solución DCPIP. Para cada estándar, se colocaron 100 µL de la solución correspondiente y se añadieron 900 µL de DCPIP. Las lecturas de absorbancia se realizaron a una longitud de onda de 515 nm.

Con base en las mediciones obtenidas, se construyó la curva de calibración, cuya ecuación fue: $y = 0,0233x + 0,0211$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,999$, lo que evidencia una excelente correlación lineal.

Cuantificación de vitamina C:

Para la cuantificación de la vitamina C, se mezclaron 100 µL del extracto con 900 µL de la solución DCPIP. Las absorbancias se registraron en el espectrofotómetro UV/VIS a 515 nm, inmediata y nuevamente a los 20 minutos. Los valores obtenidos fueron aplicados a la ecuación de la curva estándar para calcular el contenido de ácido ascórbico, expresado en gramos por 100 gramos de muestra (g AA/100 g).

Análisis preliminar con goma estandar

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis preliminar con goma xantana empleada como estabilizante, utilizando el mismo procedimiento espectrofotométrico, a fin de verificar que su presencia no interfiera en la absorbancia del reactivo DCPIP, asegurando así la precisión del método y la confiabilidad de los resultados obtenidos para las muestras de harina.

3.4.3. Determinación de la capacidad antioxidante de la harina de camu camu

La capacidad inhibidora de radicales libres DPPH y el ensayo ABTS de cada muestra fueron determinados mediante espectrofotometría UV-Visible, siguiendo la metodología descrita por Leong y Shui (2002), con algunas modificaciones para el caso de ABTS. Los resultados se expresaron en mili mol equivalentes de Trolox por 100 gramos de muestra.

Capacidad de inhibir radical libre 1,1difenil-2-picrilhidrazil (DPPH°+)

Preparación de la curva estándar de TROLOX para DPPH°+

Se elaboró una solución madre de DPPH con una concentración de 1 mM en metanol, la cual fue diluida para obtener una solución de trabajo de 0,1 mM. Esta última mostró una absorbancia constante dentro del intervalo de 1 ± 0,05, medida a 515 nm, sin alteraciones durante el periodo del experimento (funcionando como control). Se prepararon cuatro soluciones del estándar Trolox con concentraciones que oscilaron entre 0,005 y 0,03 mM. En cada cubeta se depositaron 100 µL de cada concentración estándar, seguidos de 900 µL de la solución de DPPH. Luego de un tiempo de reacción de 10 minutos, se registró la absorbancia a 515 nm. A partir de estos datos y utilizando la ley de Lambert-Beer, se obtuvo la ecuación de calibración $y = 32,831x + 0,0417$, con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0,9992$

.

Análisis de la muestra

Se colocaron 100 µL del extracto en una cubeta, a los que se añadieron 900 µL de la solución de DPPH. Tras un tiempo de reacción de 10 minutos, se registró la absorbancia a una longitud de onda de 515 nm. Los valores obtenidos fueron aplicados en la ecuación de la curva estándar y expresados como mili mol de equivalentes de Trolox por cada 100 gramos de muestra seca (mmol TEAC/100 g).

Capacidad de inhibir radical libre 2,2-azinobis (3-atilbenzotiazolino-6-ácido sulfónico) ($ABTS^{0+}$)

Preparación de la curva estándar de TROLOX para $ABTS^{+}$

El radical $ABTS^{\cdot}$ se generó mediante la reacción entre 7 mM de ABTS en agua destilada y 2,45 mM de persulfato de potasio. La mezcla se almacenó en oscuridad a temperatura ambiente durante 12 horas para permitir la formación completa del radical. Antes de su utilización, la solución resultante fue diluida con etanol hasta alcanzar una absorbancia de 0,70 a 734 nm.

Paralelamente, se preparó una solución stock de Trolox a una concentración de 2 mM en metanol, a partir de la cual se obtuvieron estándares en un rango de 0,001 a 0,015 mM. De cada una de estas concentraciones se tomó una alícuota de 10 µL, la cual se mezcló con 990 µL de la solución $ABTS^{+\cdot}$, y se midió la absorbancia tras 10 minutos de incubación. Con los valores de absorbancia obtenidos y aplicando la ecuación de Lambert-Beer, se generó la curva de calibración: $y = 34,794x + 0,0457$, con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0,9996$.

Análisis de la muestra

Se tomó una alícuota de 10 µL del extracto de harina de camu camu y se hizo reaccionar con 990 µL de la solución $ABTS^{+\cdot}$. La absorbancia se registró luego de 10 minutos a 734 nm. Los resultados se interpolaron en la ecuación de la curva estándar y se expresaron como mili mol equivalentes de Trolox por 100 gramos de muestra seca (mmol TEAC/100 g).

3.5. Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar con tres tratamientos de temperatura de secado: 50 °C, 60 °C y 70 °C, realizándose cada tratamiento por triplicado para asegurar la reproducibilidad de los resultados.

3.6. Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como media ± desviación estándar. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía seguido de la prueba de comparación múltiple de Tukey para determinar diferencias significativas entre tratamientos, considerando un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis estadístico se realizó utilizando el software Statgraphics.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Pérdida de peso durante el secado del camu camu

En la **Tabla 4** se presentan los resultados de la pérdida de peso de las muestras de camu camu secadas a 50 °C, 60 °C y 70 °C, y en la **Figura 2**, se muestra la curva de secado correspondiente. Se observa una disminución progresiva del peso conforme avanza el tiempo de secado, siendo más acentuada a 70 °C, lo cual indica una mayor velocidad de pérdida de masa en menor tiempo. Esta reducción está asociada principalmente a la eliminación de la humedad libre presente en la pulpa.

Tabla 4. Pérdida de peso durante el secado de la pulpa de camu camu

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Pérdida de peso (%)
50 °C	244,2	34,7	209,5	85,79
60 °C	255,2	20,8	234,4	91,85
70 °C	277,0	27,8	249,2	89,96

Fuente: Elaboración Propia

El resultado obtenido reveló que la temperatura de 60 °C generó la mayor pérdida porcentual total (91,85 %), seguida por 70 °C (89,96 %) y 50 °C (85,79 %). Este comportamiento podría atribuirse a una mayor eficiencia en la evaporación del agua a 60 °C; sin embargo, a 70 °C, fenómenos como el endurecimiento superficial podrían haber limitado la difusión de la humedad desde el interior del material hacia la superficie. Estos resultados coinciden con lo reportado por Elías et al. (2020), quienes señalan que a mayor temperatura se incrementa la velocidad de transferencia de masa, favoreciendo el secado más rápido.

En la **Figura 2**, se observa que a menor temperatura de secado (50 °C), la pérdida de peso es más lenta, requiriéndose mayor tiempo para alcanzar una masa constante, en comparación con 60 °C y 70 °C. No obstante, según Barrena et al. (2009), el uso de temperaturas elevadas puede comprometer la calidad del producto final. En ese sentido, condiciones como 50 °C y una velocidad de aire de 3,5 m/s fueron consideradas óptimas para preservar el color y facilitar la molienda de la pulpa seca, logrando una humedad del 10 % en 85 minutos. Estos parámetros aseguran un secado eficiente sin afectar negativamente la calidad de la harina obtenida.

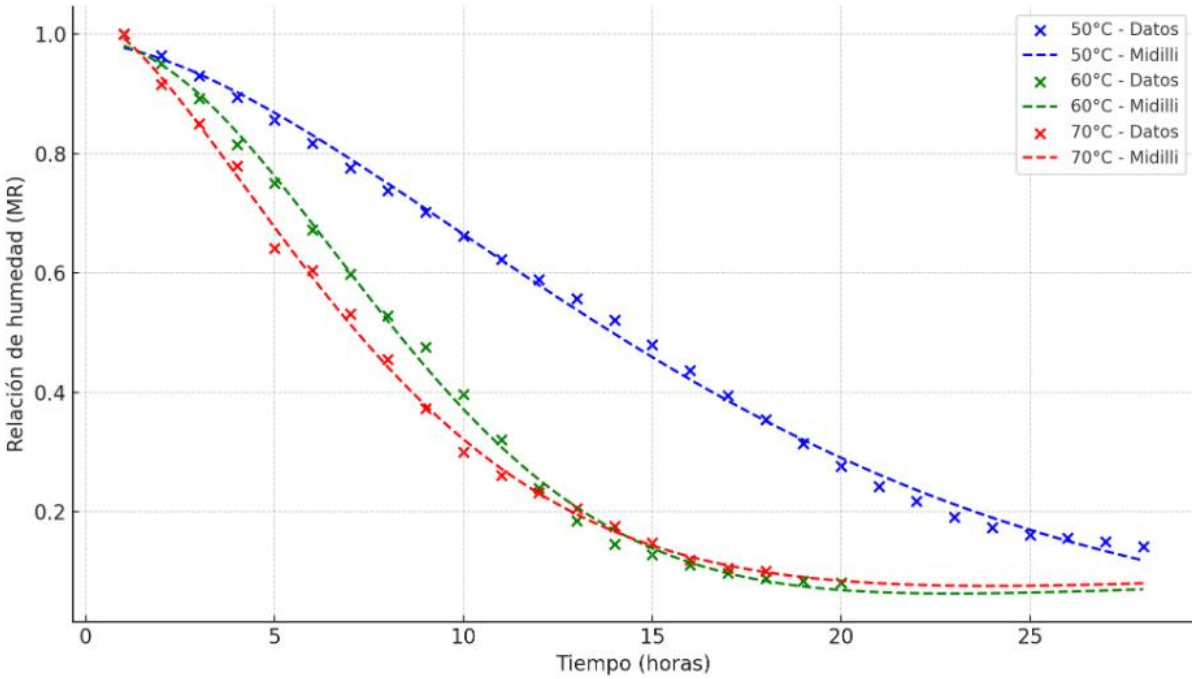


Figura 2. Curva de secado entre tiempo y relación de humedad

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente, se aplicó el modelo matemático de Midilli para describir la evolución de la relación de humedad (MR) durante el proceso de secado. Los resultados mostraron un excelente ajuste en todos los tratamientos, con coeficientes de determinación (R^2) de 0,9997 para 50 °C, 0,9996 para 60 °C y 0,9980 para 70 °C. Estos valores indican una alta correlación entre los datos experimentales y los estimados por el modelo, lo que confirma su idoneidad para representar con precisión la cinética de secado.

Las curvas obtenidas, presentadas en la Figura 2, reflejan que, a mayor temperatura, el proceso de deshidratación se acelera, disminuyendo significativamente el tiempo requerido para alcanzar un contenido de humedad estable.

Diversos estudios respaldan la aplicabilidad del modelo de Midilli en productos agroindustriales. Así como, Salazar (2020) demostró que este modelo presentó el mejor ajuste para describir la cinética de secado de semillas de pajuro, superando a modelos como el logarítmico, Verma o Henderson y Pabis. De manera similar, Tafur (2018), validó su uso en el secado de hojas de sachaculantro, destacando su efectividad bajo distintas condiciones de temperatura y velocidad de aire. En ambos casos, se resalta la capacidad predictiva del modelo de Midilli, lo que justifica su elección en este estudio para representar la evolución del secado de la pulpa de camu camu.

4.2. Contenido de ácido ascórbico en pulpa fresca y en las harinas de camu camu

Como se observa en la **Tabla 5**, el contenido de vitamina C disminuyó significativamente con el incremento de la temperatura de secado. La media más alta se obtuvo a 50 °C (1,291 ± 0,027 g AA/100 g), seguida por 60 °C (0,763 ± 0,035 g AA/100 g) y la más baja a 70 °C (0,284 ± 0,016 g AA/100 g). El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias significativas entre los tratamientos ($F = 1042,93$; $p < 0,0001$), y la prueba de Tukey confirmó que todos difieren estadísticamente entre sí ($p < 0,05$).

Tabla 5. Contenido de vitamina C en harina de camu camu obtenida a 50 °C, 60 °C y 70 °C.

Camu camu	Vitamina C (g AA/100 g)			Media ± DE
	R1	R2	R3	
Harina 50°C	1,300	1,313	1,261	1,291 ± 0,027[a]
Harina 60°C	0,729	0,798	0,763	0,763 ± 0,035[b]
Harina 70°C	0,292	0,296	0,266	0,284 ± 0,016[c]

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos evidencian una **disminución significativa** del contenido de vitamina C en la pulpa de camu camu al ser sometida a secado por aire caliente a diferentes temperaturas (50, 60 y 70 °C). La pulpa fresca presentó un contenido de 2,643 g/100 g, mientras que las harinas deshidratadas a 50, 60 y 70 °C mostraron valores de 1,291; 0,763 y 0,284 g/100 g respectivamente. Esta pérdida progresiva concuerda con diversos estudios que señalan que la vitamina C es una de las más sensibles al calor, degradándose rápidamente en función de la temperatura y el tiempo de exposición (Sotero-Solís et al., 2015).

El secado a 50 °C permitió retener aproximadamente el 48,9 % del contenido original de vitamina C, mientras que a 60 y 70 °C las retenciones fueron de 28,9 % y 10,7 % respectivamente. Estos resultados son coherentes con lo reportado por Basilio-Atencio y Panduro-Contreras (2021), quienes describen que la degradación del ácido ascórbico sigue una cinética de primer orden y se incrementa con la temperatura. Asimismo, estudios realizados por Sotero-Solís et al. (2015) demostraron que, aunque el camu camu puede mantener parte de su contenido de vitamina C durante procesos de deshidratación a temperaturas moderadas, este se ve fuertemente afectado a partir de los 60 °C.

Comparando estos resultados con los obtenidos en el secado de la cáscara de camu camu en lecho fluidizado (Ruíz et al., 2018), donde a 50 °C se conservaron más de

1300 mg/100 g de vitamina C, se puede deducir que la matriz y el método de secado influyen directamente en la estabilidad del ácido ascórbico. No obstante, en el presente estudio, al trabajar con pulpa y no con cáscara, se esperaría un comportamiento diferente debido a la mayor actividad de agua y menor concentración de compuestos fenólicos protectores.

Por tanto, puede afirmarse que la temperatura de secado tiene un efecto significativo en la estabilidad de la vitamina C en la harina de camu camu, siendo 50 °C la condición más favorable entre las evaluadas para preservar esta vitamina. También se entiende por los resultados que el mejor tratamiento es de temperatura 50 °C, al ofrecer una mayor retención del compuesto sin comprometer excesivamente la eficiencia del proceso. Temperaturas superiores, como 60 y 70 °C, aceleran su degradación, reduciendo considerablemente su valor nutricional.

Este comportamiento confirma la alta termolabilidad del ácido ascórbico, tal como describe Pilco (2018). Las pérdidas son más marcadas a 70 °C, debido a que la temperatura excede el punto de estabilidad del compuesto, promoviendo reacciones de oxidación. Además, el aumento de la temperatura puede haber acelerado el colapso estructural en la matriz de la pulpa, incrementando la exposición del ácido ascórbico al oxígeno. Según Hincapié et al. (2011), la estructura porosa generada durante el secado puede haber facilitado el contacto con el oxígeno, intensificando la oxidación del ácido ascórbico.

De forma similar, en un estudio donde se secó pulpa fresca con 18,4 mg/100 g de vitamina C, se observó que el tratamiento a 40 °C conservó 7,2 mg/100 g, mientras que a 50 °C y 60 °C la pérdida alcanzó el 70,65 % y 77,17 % respectivamente (Alcívar, 2019). Estos resultados demuestran que la temperatura del secado influye directamente en la pérdida progresiva de vitamina C. Así, cuanto mayor es la temperatura, menor es la concentración final del compuesto, lo cual refuerza la necesidad de utilizar condiciones térmicas moderadas para preservar su funcionalidad nutricional.

4.3. Capacidad antioxidante en pulpa y en las harinas de camu camu

Tabla 6. Capacidad antioxidante por DPPH en harinas de camu camu obtenidas a temperaturas de 50 °C, 60 °C y 70 °C.

Camu camu	DPPH (mmol TEAC/100 g)			Media ± DE
	R1	R2	R3	
Harina 50°C	3,818	3,867	3,769	3,818 ±0,049[a]
Harina 60°C	2,450	2,470	2,479	2,466 ±0,015[b]
Harina 70°C	1,263	1,236	1,254	1,251 ±0,014[c]

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Capacidad antioxidante por ABTS en harinas de camu camu obtenidas a temperaturas de 50 °C, 60 °C y 70 °C.

Camu camu	ABTS (mmol TEAC/100 g)			Media ± DE
	R1	R2	R3	
Harina 50°C	8,986	8,871	8,526	8,794 ± 0,197[c]
Harina 60°C	5,441	5,119	4,889	5,150 ± 0,276[b]
Harina 70°C	2,268	2,038	2,498	2,268 ± 0,230[a]

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos muestran una disminución significativa en la capacidad antioxidante de la pulpa de camu camu al ser sometida a secado por aire caliente a 50 °C, 60 °C y 70 °C. En el método DPPH, la pulpa fresca presentó un valor de 6,431 ± 0,083 mmol TEAC/100 g, mientras que las harinas secadas mostraron valores decrecientes de 3,818 ± 0,049 (50 °C), 2,466 ± 0,015 (60 °C) y 1,251 ± 0,014 (70 °C). Esta tendencia es coherente con estudios que destacan la sensibilidad térmica de compuestos antioxidantes como el ácido ascórbico y los polifenoles.

Sotero-Solís et al. (2009) informaron que la pulpa de camu camu fresca posee una alta capacidad antioxidante, y Panduro Contreras (2019) evidenció reducciones significativas al almacenar cáscara de camu camu a 50 °C. El patrón observado concuerda con la degradación térmica de compuestos bioactivos, los cuales pierden eficacia antioxidante conforme se incrementa la temperatura de procesamiento.

Los resultados del ensayo ABTS muestran una capacidad antioxidante aún mayor que la del DPPH en todos los tratamientos, con valores promedio de 8,794, 5,150 y 2,268 mmol TEAC/100 g a 50, 60 y 70 °C, respectivamente. Esta diferencia entre métodos puede atribuirse a la mayor sensibilidad del radical $ABTS^{+}$, que reacciona tanto con antioxidantes hidrofílicos como lipofílicos, a diferencia del DPPH, que es más selectivo. Lo observado coincide con los hallazgos de Tovar (2018) en frutas tropicales.

Además, la prueba de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos ($p < 0.05$), confirmando que el aumento de temperatura afecta negativamente la capacidad antioxidante del producto final. Las harinas secadas a 50 °C conservaron mejor esta propiedad, mientras que las obtenidas a 70 °C mostraron las menores capacidades antioxidantes.

Finalmente, estos resultados refuerzan la importancia de emplear temperaturas de secado moderadas menores a 50 °C, para conservar las propiedades funcionales del camu camu, lo que es fundamental si se busca desarrollar productos con valor nutricional añadido.

4.4. Relación entre la temperatura y la perdida de actividad funcional

Los resultados demuestran una clara compensación entre el aumento de la temperatura de secado y la disminución tanto del contenido de ácido ascórbico como de la capacidad antioxidante. Esta tendencia confirma que temperaturas superiores a 60 °C no solo aceleran la pérdida de agua, sino que también reducen de manera significativa el valor nutricional y funcional del producto final. Por ello, se recomienda optar por temperaturas moderadas (alrededor de 50 °C), que permitirá preservar mejor los compuestos bioactivos.

Asimismo, el uso de estabilizantes como la goma xantana, aunque no incrementa directamente el punto de transición vítrea (Tg), puede ayudar a mantener la estructura de la matriz durante el secado y minimizar la exposición de los antioxidantes al ambiente, contribuyendo a conservar mejor su actividad funcional (Lucas, 2017). Esto concuerda con lo observado en otro estudio, donde la combinación de temperaturas adecuadas y agentes como la goma arábiga permitió una mayor retención de carotenoides, vitamina C y actividad antioxidante, confirmando que tanto la temperatura como los aditivos influyen significativamente en la calidad final del producto (Herrera, 2018).

V. CONCLUSIONES

Influencia de la temperatura en la pérdida de peso

La temperatura influyó significativamente en la eficiencia del secado de la pulpa de *Myrciaria dubia*. A 60 °C se obtuvo la mayor pérdida de peso (91,85 %), seguida de 70 °C (89,96 %) y 50 °C (85,79 %), lo que indica una mayor velocidad de deshidratación a temperaturas elevadas. Sin embargo, a 70 °C se evidenciaron posibles fenómenos de endurecimiento superficial que pueden limitar la eficiencia del proceso. Además, el modelo matemático de Midilli mostró un excelente ajuste a los datos experimentales ($R^2 > 0,99$), lo que valida su utilidad para describir con precisión la cinética de secado de la pulpa de camu camu en diferentes condiciones térmicas.

Contenido de ácido ascórbico

El contenido de vitamina C disminuyó significativamente conforme se incrementó la temperatura de secado. La harina obtenida a 50 °C conservó la mayor cantidad de ácido ascórbico (1,291 g/100 g), mientras que a 70 °C se observó una pérdida sustancial (0,284 g/100 g), evidenciando la alta sensibilidad térmica de este compuesto, cuyo comportamiento corresponde a una degradación de tipo térmica de primer orden.

Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante también se redujo de forma significativa a mayor temperatura. Las muestras secadas a 50 °C conservaron los valores más altos en ambos métodos espectrofotométricos (3,818 mmol TEAC/100 g en DPPH y 8,794 mmol TEAC/100 g en ABTS), mientras que a 70 °C se obtuvo la menor capacidad antioxidante. Estos resultados evidencian que tanto el ácido ascórbico como otros compuestos fenólicos presentes en el fruto son sensibles al calor, comprometiendo la funcionalidad antioxidante de la harina.

Temperatura óptima para conservar compuestos bioactivos

Entre los tratamientos evaluados, la temperatura de 50 °C fue la más adecuada para preservar los compuestos bioactivos de interés, al permitir una mayor retención de vitamina C y capacidad antioxidante, sin comprometer la eficiencia del secado. Esta condición representa un equilibrio óptimo entre conservación nutricional y viabilidad técnica del proceso. Aplicabilidad y uso de estabilizantes: La inclusión de goma xantana como estabilizante no interfirió con las lecturas espectrofotométricas, demostrando su compatibilidad con el análisis y su potencial para proteger la matriz del producto frente al daño térmico. Su uso puede favorecer la retención estructural de los compuestos funcionales durante el secado.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Utilizar temperaturas de secado moderadas (≤ 50 °C) para conservar la mayor cantidad posible de ácido ascórbico y antioxidantes naturales en la harina de camu camu.
- Incorporar aditivos estructurantes, como la goma xantana para estabilizar la matriz de la pulpa durante el secado, minimizando la exposición al oxígeno y ayudando a preservar sus propiedades funcionales.
- Implementar condiciones de secado controlado con protección contra la luz y el oxígeno, especialmente si se busca utilizar la harina con finos nutracéuticos o funcionales.
- Analizar la estabilidad del producto en periodos de almacenamiento medianos y prolongados, con el fin de determinar la conservación del ácido ascórbico y la actividad antioxidante bajo diferentes condiciones.
- Futuras investigaciones podrían explorar un rango más amplio de temperaturas y tiempos de secado, así como la evaluación de otros compuestos bioactivos presentes en el camu camu.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcivar, C. (2019). *Influencia de tres temperaturas en la pérdida de vitamina C en láminas de frutilla deshidratadas*. [Tesis Ingeniero Agroindustrial Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALCIVAR%20COELLO%20CARLOS%20LUIS.pdf

Ardila, H., Yunda, C. (2017). Camu camu (*Myrciaria dubia*) como posible alternativa productiva. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos,* 8(2), 68-90. https://doi.org/10.22579/22484817.702

Arellano, E., Rojas, I., Paucar, L. (2016). Camu Camu (*Myrciaria dubia*): Fruta tropical de las excelentes propiedades funcionales que ayudan a mejorar la calidad de vida. *Scientia Agropecuaria.* http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000500008

Barrena, M., Maicelo, J., Gamarra, O., Cárdenas, R. (2009). Cinética de Secado de Lucma (*Pouteria lúcuma L.*) Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. *Revista: Aporte Santiaguino.* https://doi.org/10.32911/as.2009.v2.n2.406

Basilio-Atencio, J., Panduro-Contreras, A, (2021). Evaluación de la estabilidad por pruebas aceleradas, de la cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) secada por aire caliente. *Revista de investigación Agropecuaria* 1(2). https://doi.org/10.25127/riagrop.20212.676

Bautista, D., Valdiveiso, M. (2016). *Contribución al estudio de la extracción de aceites esenciales y secado de cáscara de naranja (Citrus sinensis var.* Valengia Late*).* [Tesis Ingeniero de Alimentos. Universidad Nacional del Callao]. https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/1738/Deysi_Tesis_T%c3%adtuloprofesional_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cabascango, O. (2018). *Manual de deshidratación.* Editorial Universidad Técnica del Norte. Ecuador. https://www.ppd-ecuador.org/wp-content/uploads/2019/FondoBecas/SierraNorte/UTN-Omar-Uso-Deshidratador-solar-vf.pdf

Caisahuana, M. (2012). *Evaluación de vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos estados de madurez del camu cmau (Myrciaria dubia H.B.K. Mc Vaugh) de Mazamari – Satipo*. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú].

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1879/Caisahuna%20Sanabria.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Campos, C. (2021). *Métodos analíticos para la determinación de vitamina C*. Universidad de la Laguna. España.

Canahualpa, F. y Solano, E. (2018). *Estudio de la cinética de secado y degradación de las antocianinas y vitamina C de la mashua negra (Tropaeolu tuberosum).* [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4369/Canahualpa%20C-%20Solano%20G.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carmona, J. (2015). *Reología de dispersiones acuosas de goma xantana de prestaciones avanzadas.* [Tesis doctoral. Universidad de Sevilla] https://core.ac.uk/download/51396075.pdf

Cerron, S., Junchaya, J. (2019). *Influencia de la temperatura del aire en la velocidad de secado de quinua germinada en un secador de bandejas*. [Tesis Ingeniero Químico Industrial. Universidad Nacional del Centro del Perú].

Chang, A. (2013). *El Camu Camu: Aspectos químicos, farmacológico y tecnológico*. Editorial Sirio S.A. http://www.iiap.org.pe/archivos/publicaciones/publicacion_2098.pdf

Delgado, M. (2023). *Efectos de diferentes condiciones de secado en el contenido de ácido ascórbico de hojuelas deshidratadas de camu camu (Myrciaria dubia).* [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad San Ignacio de Loyola]. https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/74e70bf2-3a06-447c-85c9-ef1ab6d4c3a2/content

Domke, A., Gajardo, D. (2015). *Deshidratación de frutas y hortalizas como snacks saludables.* [Tesis Nutricionista. Universidad de Valparaíso. Chile]. https://repositoriobibliotecas.uv.cl/serveruv/api/core/bitstreams/6746457e-f15d-4776-86b9-ef1c7cba7fd4/content

Elías, F., Ocaña, A. y Ortiz, I. (2020). *Modelado del proceso de transferencia de calor y masa durante el secado por convección de frutas*. [Trabajo de Investigación para optar el grado de Bachiller en Ingeniería Mecánico – Eléctrica. Universidad de Piura]. https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/f709367b-463c-4978-a5e6-fa95ef602de8/content

Flores, J., Ruiz, E. (2017). Factores que influyen en la rentabilidad económica de la producción del cultivo de Camu Camu en la selva peruana. *Tzhoecoen* 9 (1) Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. Perú.

https://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/464/453

Galván, S., Ballesteros, A. (2019). *Evaluación del efecto de la temperatura y velocidad del aire en el proceso de secado por bandeja de la cáscara de piña (Ananas comosus) para la obtención de harina rica en fibra.* [Tesis Ingeniero de Alimentos. Universidad de Córdoba]. https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/bf1ccc66-518b-41d4-84be-5ac11d5ec878/content

Gálvez, E. (2016). Diseño de una secadora de Quinua. La Paz.

Granados, R. (2022). *Influencia de la temperatura y el tiempo de almacenado en el contenido de ácido ascórbico, propiedades fisicoquímicas y capacidad antioxidante del zumo de puro puro (Passiflora pinnatistipula Cav).* [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional José María Arguedas]. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/652/Roman_Arturo_Tesis_Bachiller_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Grández, A. (2020). *Influencia de la temperatura y tiempo de pasteurización de la pulpa de camu camu (Myrciaria dubia).* [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.] https://api-repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a313de99-8654-4f3f-8d2c-5d9014ddc1cb/content

Guija, H. y Guija, E. (2023). *Radicales libres y sistema antioxidante.* [Universidad San Martin de Porres]. http://www.scielo.org.pe/pdf/hm/v23n2/en_1727-558X-hm-23-02-e2158.pdf

Guzmán, J. (2014). *Evaluación de la cinética de degradación térmica de vitamina C en el jugo de papaya (Carica papaya* L.*) y maracuyá (Passiflora edulis).* [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho – Perú]

Hincapié, G., Barajas, J., Arias, Z. (2011). Evaluación del secado por convección de la guayaba (*Psidium guajava L.*) variedad manzana. *Revista Investigación Aplicada*. Colombia. file:///C:/Users/Windows/Downloads/Dialnet-EvaluacionDelSecadoPorConveccionDeLaGuayabaPsidium-5001685.pdf

Hernández, A., Barrera, J., Castro, S., Carrillo, M., Bardales, X. (2014). *Camu Camu.* Editor: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas.

Herrera, S. (2018). *Efecto de la concentración de goma arábiga y temperatura de aire de secado por aspersión en el contenido de carotenoides totales, vitamina c y actividad antioxidante de la pulpa de tomate de árbol (Cyphomandra betacea de solanum betaceum).* [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú:

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4373/Herrera%20C.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ibarz, A. y Barbosa, G. (2011). *Tecnología de alientos: Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos.* Ediciones Mundi-Prensa. México.

Imán, S., Pinedo, S., Melchor, M. (2011). Caracterización morfológica y evaluación de la colección nacional de germoplasma de Camu Camu *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh, del INIA Loreto – Perú.

Imán, S., Bravo, L., Sotero, V., Olivia, C. (2011). Contenido de vitamina C en frutos de camu camu *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh, en cuatro estados de maduración, procedentes de colección de germoplasma del INIA Loreto, Perú.

Kolla, M. (2021). Efecto de diferentes métodos de secado y condiciones de almacenamiento sobre los compuestos físicos, nutricionales, bioactivos y las propiedades antioxidantes de los frutos. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06678

Leyva, D. (2009). *Determinación de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante en licores y fruto de mora.* [Tesis Pregrado. Universidad Tecnológica de Mixteca]. Oxaca, México.

López, M. (2017). *Comparativo del contenido de ácido elágico de diferentes órganos de la planta de Camu Camu (Myrciaria dubia HBK), procedente de plantaciones de Yaniracocha y Pucallpillo – Ucayali.* [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Ucayali]. https://repositorio.unu.edu.pe/items/98fbb161-afdc-4b4f-a9f3-b62fc58028f9

Lucas, J. (2017). *Optimización del proceso de secado por aspersión para la obtención de polvo de coco (Cocos nucifera L.) fortificado con compuestos fisiológicamente activos*. [Tesis Doctorado en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia] https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62833.

Luftman, M. (2018). *Introducción de espectrofotometría UV/VIS: uso del espectrofotómetro para determinar la concentración.* Editorial Proanalytics.

Medina, C. (2015). *Estudio del proceso de deshidratación de alimentos frutihortícolas: empleo de microondas y energía solar.* [Tesis Maestría en tecnología e Higiene de los Alimentos. Universidad Nacional de la Plata].

MIDIS. (2021). Harina de Frutas - Resolución Dirección Ejecutiva N° D000233-2021-MIDIS/PNAEQW-DE. https://info.qaliwarma.gob.pe/datpub/uop/catalogo/2022/29-HARINAS-DE-FRUTAS.pdf?v=1.0

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2021). Exportaciones de Camu Camu alcanzaron récord histórico en 2020. Publicado el 10 de marzo de 2021. https://www.gob.pe/institucion/mincetur/noticias/345752-exportaciones-de-camu-camu-alcanzaron-record-historico-en-2020

Morales, F. (2020). *Cinética de degradación en polifenoles y formación de hidroximetilfurfural en extractos de vainas de tara (Caesalpinia spinosa) sometidos a tratamientos térmicos*. [Tesis Magister en Ciencia de Alimentos. Universidad de Chile. Chile]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/176782/Cinetica-de-degradacion-de-polifenoles-y-formacion-de-hidroximetilfurfural-en-extractos-de-vainas-de-tara.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Orosco, F. (2017). *Efecto de la temperatura en la cinética de degradación del ácido ascórbico en pulpa de tomate de árbol (Solanum betaceum).* [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional José María Arguedas]. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/274/FlorindaYavar%c3%ad_Tesis_Bachiller_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pilco, G. (2018). *Efecto de la temperatura y velocidad de aire en el contenido de ácido ascórbico de la harina obtenida a partir de la cáscara del fruto de camu camu (Myrciaria dubia HBK), Pucallpa – Ucayali.* [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Ucayali]. https://repositorio.unu.edu.pe/items/0009bd6b-f41f-4a3d-8f14-76d401846c3d

Pinedo, M., Paredes, E. (2011). Evaluación preliminar de 108 progenies precoces de camu-camu (*Myrciaria dubia*) en Loreto, Perú. *Folia Amazónica*.

Roque, M., Lucero, H., Silvester, S.,Tosi, E. (2013). Evaluación de la capacidad antioxidante de harina de frambuesas obtenida luego del secado de los frutos a diferentes temperaturas y análisis estadístico del EC50. Universidad Tecnológico Nacional. Argentina. La *Alimentación Latinoamericana* Nº 304.

ttp://wwww.publitec.com.ar/contenido/objetos/Evaluaciondelacapacidadantioxidante.pdf

Ruíz, E., Rojas, S., Caballero, N. (2018). Evaluación del secado en lecho fluidizado de la cáscara de *Myrciaria dubia* (camu camu). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 257–266. https://doi.org/10.18271/ria.2018.391

Ruiz, L. (2022). *Harina de mango (Mangifera indica): Efecto del secado convencional sobre el contenido de compuestos bioactivos.* [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de Frontera]. https://core.ac.uk/download/552307534.pdf

Salazar, E. (2020). *Modelado de la cinética por convección forzada de la semilla de pajuro (Erythrina edulis Triana).* [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva).

Sánchez, W., Cortez, J., Solano, M. y Vidaurre, J. (2015). Cinética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y vitamina C en una bebida a base de jugo de remolacha (*Beta vulgaris L.*) y miel de abeja. *Scientia Agropecuaria*. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.02.03

Santos, D., Lopes, J., Pintado, M. (2022). Harinas de subproductos hortofrutícolas como ingredientes: una revisión sobre el proceso de producción, los beneficios para la salud y la tecnología funcionales. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112707

Scherbor, C. (2000). *Estudio sobre la transición vítrea y la estabilidad de biomateriales de baja humedad.* [Tesis de Posgrado. Universidad de Buenos Aires] https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3227_Schebor.pdf

Sette, P. (2015). *Tecnologías combinadas para el desarrollo de productos de frambuesa deshidratados*. [Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires].
https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5658_Sette.pdf

Tafur, H. (2018). *Modelado de la cinética de secado de las hojas de sachaculantro (Eringium foetidum L.).* [Tesis Posgrado en Ingeniería de los Alimentos, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Perú.

Tapia, D. (2021). *Determinación de la actividad antioxidante de una bebida a base de pepino dulce (Solanum muricatum Aiton) y durazno (Prunus pérsica L. Batsch).* [Tesis Ingeniero Agrícola, mención Agroindustrial. Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TAPIA%20ALVARADO%20DAYANA%20TAIRY.pdf

Sotero-Solís, V., Carballo-Uicab, V., & Tzib-Arellano, J. (2015). Estabilidad de la vitamina C en alimentos procesados y almacenamiento. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 14(1), 139–152. https://rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/533

Tovar, S. (2018). *Efecto de la temperatura de secado en los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del níspero (Mespilus germánica L.).* [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4787.

Turin, H. (2018). *Evaluación de la Estabilidad Química del Fruto de Camu Camu (Myrciaria dubia H.B.K. Mc Vaugh) obtenido en un Deshidratador Dual.* [Tesis Licenciado en

Química. Universidad Nacional Federico Villarreal.] https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/2533/Turin%20Villegas%20Helen%20Kristel.pdf;jsessionid=713145AB6D3C045D97745A528C0DBAB1?sequence=1

Valcárcel, J. (2014). *Obtención de los parámetros del secado de la cascara del camu-camu (Myrciaria Dubia) en un lecho fluidizado*. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Intercultural de la Amazonía]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4676/Jose_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villagrán, M., Muñoz, M., Díaz, F., Troncoso, C., Celis-Morales, C., Mardones, L. (2019). Una Mirada actual de la vitamina C en salud y enfermedad. *Revista chilena de nutrición* 46(6) https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182019000600800&script=sci_arttext

ANEXO

Anexo-I. Secado de pulpa de camu camu a temperatura de 50º C

TIEMPO (hora)	PESO DE MATERIA (g)	PESO INICIAL (g)	PERDIDA DE AGUA (g)	MUESTRA RESTANTE (%)
1	244,2	244,2	0	100%
2	235,4	244,2	8,8	96%
3	227,2	244,2	8,2	93%
4	218,5	244,2	8,7	89%
5	209,2	244,2	9,3	86%
6	199,6	244,2	9,6	82%
7	189,6	244,2	10	78%
8	180,3	244,2	9,3	74%
9	171,5	244,2	8,8	70%
10	161,7	244,2	9,8	66%
11	152,1	244,2	9,6	62%
12	143,8	244,2	8,3	59%
13	136	244,2	7,8	56%
14	127,2	244,2	8,8	52%
15	117,2	244,2	10	48%
16	106,7	244,2	10,5	44%
17	96,4	244,2	10,3	39%
18	86,6	244,2	9,8	35%
19	76,7	244,2	9,9	31%
20	67,4	244,2	9,3	28%
21	59,3	244,2	8,1	24%
22	53,1	244,2	6,2	22%
23	46,6	244,2	6,5	19%
24	42,4	244,2	4,2	17%
25	39,8	244,2	2,6	16%
26	38,2	244,2	1,6	16%
27	36,7	244,2	1,5	15%
28	34,7	244,2	2,0	14%

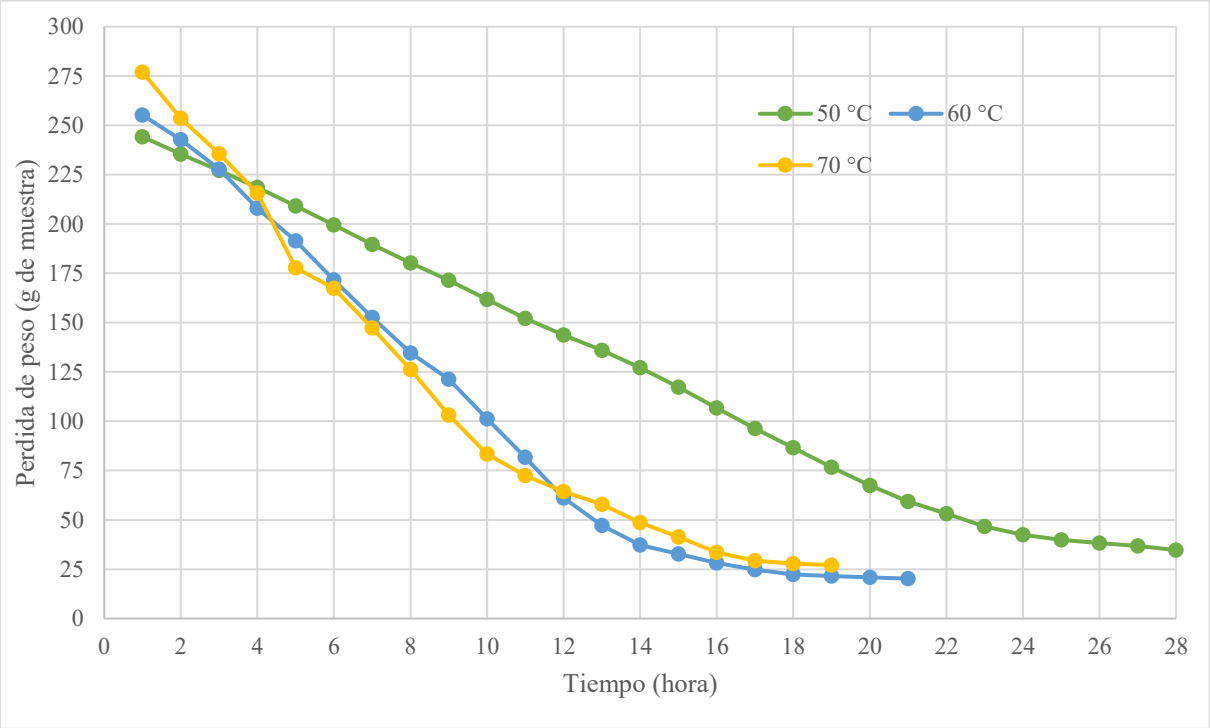
Anexo-II. Secado de pulpa de camu camu a temperatura de 60º C

TIEMPO (hora)	PESO DE MATERIA(g)	PESO INICIAL (g)	PERDIDA DE AGUA (g)	MUESTRA RESTANTE (%)
1	255,2	255,2	0	100%
2	242,7	255,2	12,5	95%
3	227,8	255,2	14,9	89%
4	208	255,2	19,8	82%
5	191,4	255,2	16,6	75%
6	171,6	255,2	19,8	67%
7	152,7	255,2	18,9	60%
8	134,7	255,2	18	53%
9	121,4	255,2	13,3	48%
10	101,2	255,2	20,2	40%
11	81,8	255,2	19,4	32%
12	61,2	255,2	20,6	24%
13	47,1	255,2	14,1	18%
14	37,2	255,2	9,9	15%
15	32,8	255,2	4,4	13%
16	28,2	255,2	4,6	11%
17	24,8	255,2	3,4	10%
18	22,4	255,2	2,4	9%
19	21,5	255,2	0,9	8%
20	20,8	255,2	0,7	8%

Anexo-III. Secado de pulpa de camu camu a temperatura de 70º C

TIEMPO (hora)	PESO DE MATERIA (g)	PESO INICIAL (g)	PERDIDA DE AGUA (g)	MUESTRA RESTANTE (%)
1	277	277	0	100%
2	253,6	277	23,4	92%
3	235,6	277	18	85%
4	215,8	277	19,8	78%
5	177,8	277	38	64%
6	167,4	277	10,4	60%
7	147,3	277	20,1	53%
8	126,2	277	21,1	46%
9	103,2	277	23	37%
10	83	277	20,2	30%
11	72,4	277	10,6	26%
12	64,4	277	8	23%
13	57	277	7,4	21%
14	48,6	277	8,4	18%
15	41	277	7,6	15%
16	33	277	8	12%
17	29,3	277	3,7	11%
18	27,8	277	1,5	10%

Anexo-IV. Perdida en porcentaje vs tiempo

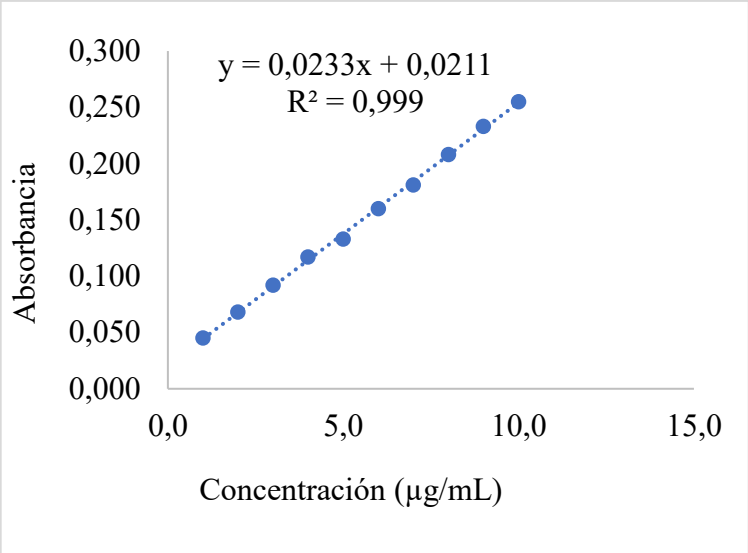


Fuente: Elaboración Propia

Anexo-V. Lectura de absorbancia en las concentraciones de trabajo para la curva estándar del ácido ascórbico

Concentración (µg/mL)	Absorbancia residual	Absorbancia inhibida
1,0	0,045	0,255
2,0	0,068	0,232
3,0	0,092	0,208
4,0	0,117	0,183
5,0	0,133	0,167
6,0	0,160	0,140
7,0	0,181	0,119
8,0	0,208	0,092
9,0	0,233	0,067
10,0	0,255	0,045

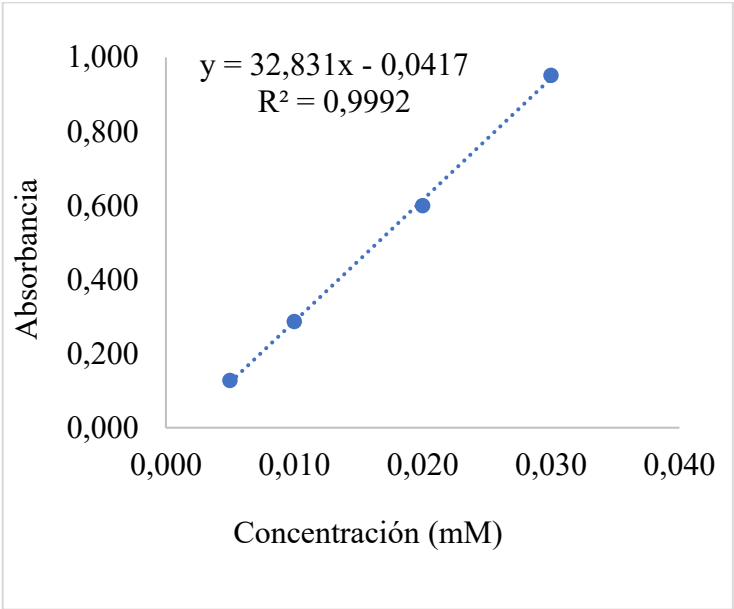
Dato de control: 0,300



Anexo-VI. Lectura de absorbancia en las concentraciones de trabajo para la curva estándar del radical libre DPPH

Concentración (mM)	Absorbancia residual	Absorbancia inhibida
0,030	0,952	0,033
0,020	0,600	0,385
0,010	0,287	0,698
0,005	0,128	0,857

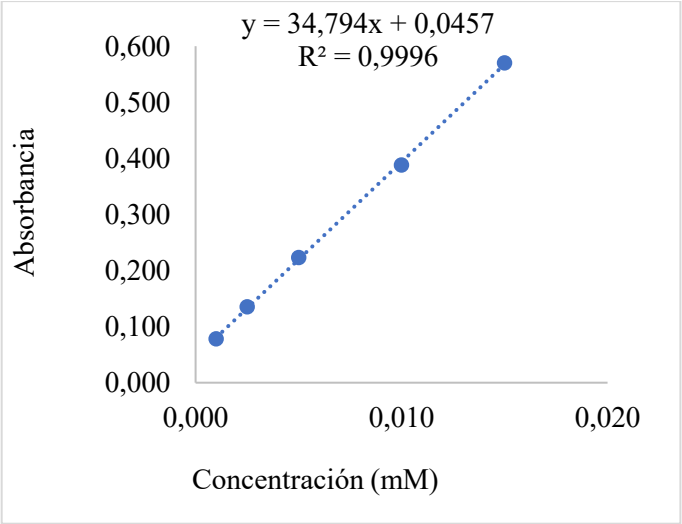
Dato de control:0.985



Anexo-VII. Lectura de absorbancia en las concentraciones de trabajo para la curva estándar del radical libre ABTS

Concentración (mM)	Absorbancia residual	Absorbancia inhibida
0,015	0,570	0,130
0,010	0,388	0,312
0,005	0,223	0,477
0,003	0,135	0,565
0,001	0,078	0,622

Dato de control:0,700



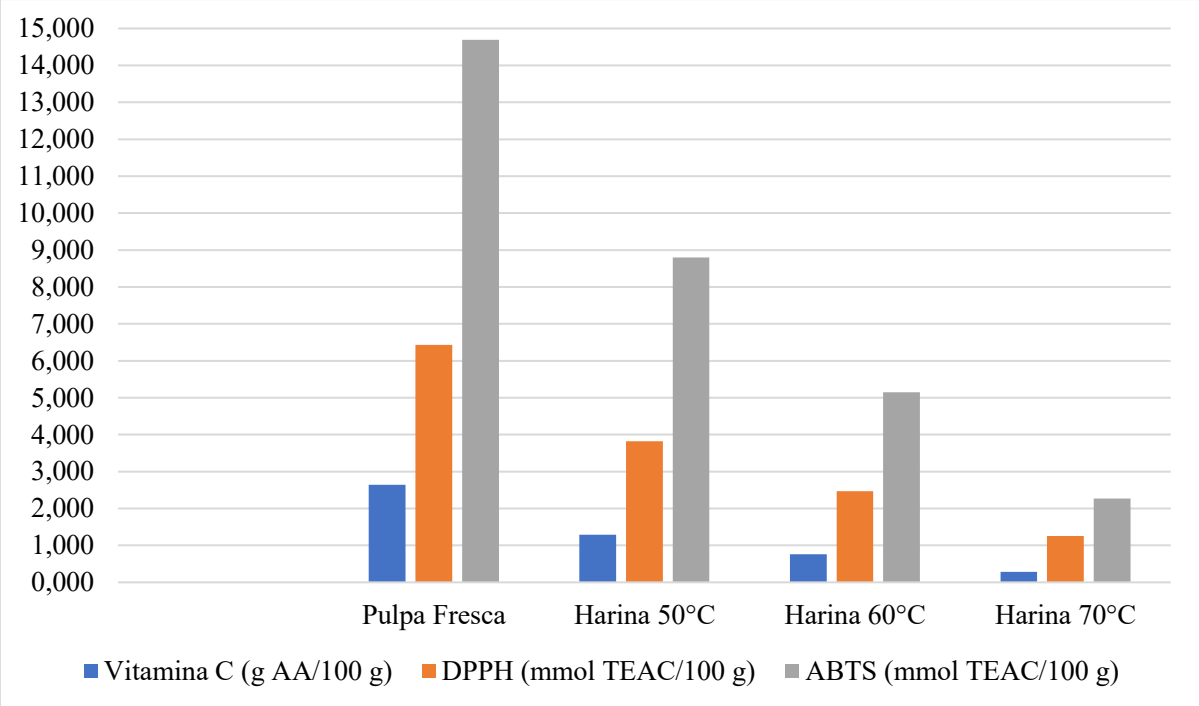
Anexo-IX. Parámetros del modelo de Midilli para el secado de camu camu a diferentes temperaturas.

Temperatura °C	a	k	n	b	R^2
50	1,0074	0,5065	0,4084	0,0052	0,9997
60	1,0058	0,8809	0,4399	0,012	0,9996
70	1,0011	1,1743	0,4536	0,0201	0,9980

Fuente: Elaboración Propia

Anexo-VIII. Prueba de comparación de Tuke para α = 0,05 en el contenido de vitamina C, en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Diferencia	p-valor	Significancia	Grupo diferente
50°C vs 60°C	0,5280	0,001	Sí	Sí
50°C vs 70°C	1,0067	0,001	Sí	Sí
60°C vs 70°C	0,4787	0,001	Sí	Sí

Se utilizaron los promedios de cada tratamiento con tres repeticiones por grupo (N = 3).

ANEXO 6. Resultados de la prueba de vitamina C, capacidad antioxidante por DPPH y ABTS, en pulpa fresca y harina secada a temperatura de 50°C, 60°C y 70°C.