Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTOR

Oscar Daniel QUEREVALÚ MUÑANTE

ASESOR

Mg. Nelson BAUTISTA CRUZ

Mg. Robert Dante ALMONACID ROMÁN (Coasesor)

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Querevalú O. Caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla” [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2024.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Oscar Daniel Querevalú Muñante
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40103721
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1343-0400
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Nelson Bautista Cruz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10260086
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-0932-2332
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	Robert Dante Almonacid Román
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40493000
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4865-3820
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Mirtha Roque Alcarraz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08644654
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Ana María Virginia Chávez Fernández de Amaranto

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07514130
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Teresa Celina Gallardo Jugo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07727234
Datos de investigación	
Línea de investigación	Alimentos funcionales y nutracéuticos
Grupo de investigación	Innovación, desarrollo y evaluación de productos funcionales - IDEPF
Agencia de financiamiento	Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. RR N°.05557-2022-R/UNMSM con código de proyecto PCONFIGI: A22040211
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Facultad de Farmacia y Bioquímica, Laboratorio de Bioquímica País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Calle: Jr. Puno N°1002 Latitud: -12.05572 Longitud: -77.02324
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2023 - 2024
URL de disciplinas OCDE	Alimentos y bebidas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.01 Nutrición, dietética https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.04

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

Caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"

Que presenta el Bachiller en Farmacia y Bioquímica:

OSCAR DANIEL QUEREVALÚ MUÑANTE

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, ha obtenido la siguiente calificación final:

Diecinueve (19), aprobado con máximos hono

de conformidad con el Art. 14.° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para la obtención del Título Profesional de Químico Farmacéutico (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Lima, 18 de diciembre de 2024.

Dra. Mirtha Roque Alcarraz
Presidente

Dra. Ana María V. Chávez Fernández de Amaranto
Miembro

Q.F. Teresa Celina Gallardo Jugo
Miembro

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. DECANA DE AMÉRICA.
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Nelson Bautista Cruz, identificado con DNI N°10260086 en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N°000875-2022-D-FFB/UNMSM de la tesis, cuyo título es: **Caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"**, presentado por el bachiller **Oscar Daniel Querevalú Muñante**, para optar el título profesional de Químico Farmacéutico.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 16 % de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.
Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, para la obtención del título profesional de Químico Farmacéutico.

Lima, 13 de diciembre 2024

UNMSM
Firmado digitalmente por BAUTISTA CRUZ Nelson FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13.12.2024 14:35:32 -05:00

Firma del asesor
DNI: **10260086**
Nelson Bautista Cruz

DEDICATORIA

“A mis padres, mi soporte en los momentos difíciles, mi fuente de inspiración y mi motivación constante para seguir adelante, a mi amada Victoria por ser el motor de mi vida y mis esfuerzos”

“A mi asesor, el Mg. Nelson Bautista Cruz por su compromiso y dedicación. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo de mi trabajo de tesis”

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi guía y protector en todo momento, y por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para lograr cumplir mi propósito.

A mis padres, quienes me han brindado su amor, apoyo incondicional y sacrificios para que pueda alcanzar mis metas.

A mi amada Victoria, por ser mi compañera fiel y mi consuelo en los momentos difíciles. Su amor y lealtad han sido un regalo invaluable en mi vida.

A mi facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM y docentes, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y transmitirme de manera profesional y competente sus conocimientos. Ha sido un honor estudiar en esta institución.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis asesores, los Mg. Nelson Bautista Cruz y Dante Almonacid Román. Su valiosa orientación, experiencia y compromiso fueron fundamentales en cada paso del proceso de esta tesis. Agradezco sinceramente por compartir su conocimiento y sabiduría, contribuyendo al éxito de este trabajo

Al Mg. Paul Gutiérrez Elescano y a la Dra. Gabriela Solano Canchaya, por haberme guiado y asistido en la ejecución de la fase experimental, compartiendo conmigo su sabiduría, sugerencias y apoyo."

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por el financiamiento otorgado para la realización de esta tesis. Su apoyo ha sido fundamental para llevar a cabo este proyecto académico.

Esta tesis fue financiada por:
Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. RR N°.05557-2022-R/UNMSM con código de proyecto PCONFIGI: A22040211

ÍNDICE

RESUMEN ..... **x**
ABSTRACT ..... **xi**
I. INTRODUCCIÓN **1**
1.1 Planteamiento del problema 1
1.2 Objetivos 2
1.3 Importancia y alcance de la investigación 2
1.4 Limitaciones de la investigación 3
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA **4**
2.1 Antecedentes del estudio 4
2.2 Bases teóricas 7
2.2.1 El género *Hylocereus* 7
2.2.2 *Hylocereus megalanthus* 8
2.2.3 La cáscara de *Hylocereus megalanthus* 12
2.2.4 La harina 14
2.2.5 Evaluaciones en harinas 15
2.2.5.1 Propiedades fisicoquímicas 15
2.2.5.2 Propiedades tecnológicas 16
2.2.5.3 Propiedades funcionales 18
2.3 Glosario de términos 20
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES **21**
3.1. Hipótesis 21
3.2. Variables 21
IV. MATERIALES Y MÉTODOS **23**
4.1. Área de estudio 23
4.2. Diseño de investigación 23
4.3. Población y muestra 23
4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información 23
4.5. Análisis estadístico 39
V. RESULTADOS **40**
5.1. Obtención y evaluación de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla" 40
5.1.1. Caracterización de la cáscara de pitahaya amarilla 40
5.1.2. Obtención de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla" 41
5.1.3. Caracterización de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla" 42

VI. DISCUSIÓN.....50
VII. CONCLUSIONES.....56
VIII. RECOMENDACIONES.....57
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58
X. ANEXOS (*).....66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nombres comunes de la pitahaya en diferentes regiones del mundo. **8**

Tabla 2. Usos de diversas especies de *Hylocereus* **10**

Tabla 3. Países principales en la producción de pitahaya **10**

Tabla 4. Producción nacional de pitahaya en las principales regiones productoras (2016-2020).....**11**

Tabla 5. Porcentaje de pulpa - semillas, cáscara, merma y relación pulpa/cáscara por unidad de fruto de pitahaya amarilla **40**

Tabla 6. Características organolépticas de la pulpa y la cáscara del fruto de pitahaya amarilla **40**

Tabla 7. Características fisicoquímicas de la pulpa y cáscara del fruto de pitahaya amarilla, en muestra fresca **41**

Tabla 8. Rendimiento (Rdto) de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) **42**

Tabla 9. Granulometría de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) **42**

Tabla 10. Características organolépticas de harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA).....**43**

Tabla 11. Características fisicoquímicas de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) **43**

Tabla 12. Color de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) según la escala de Cielab.....**44**

Tabla 13. Evaluación microbiológica en la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA).....**44**

Tabla 14. Propiedades tecnológicas de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA).....**45**

Tabla 15. Concentración mínima de gelificación (%) y temperatura de gelatinización (°C) de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) **45**

Tabla 16. Contenido de fibra dietética de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA).....**46**

Tabla 17. Evaluación del contenido de polifenoles totales (CPT) en extracto hidroalcohólico de harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) a diferentes temperaturas **46**

Tabla 18. Evaluación de la capacidad antioxidante por el método ABTS en el extracto de harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA).....**47**

Tabla 19. Evaluación de la capacidad antioxidante por el método DPPH en el extracto de harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA).....**48**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la especie *Hylocereus megalanthus* **9**

Figura 2. Componentes químicos y nutricionales de la cáscara de pitahaya amarilla. **13**

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de la obtención de la harina **27**

Figura 4. Harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) **42**

Figura 5. Curva estándar para la determinación de polifenoles **47**

Figura 6. Curva del % de inhibición vs concentración del extracto para el método ABTS. **48**

Figura 7. Curva del % de inhibición vs concentración del extracto para el método DPPH. **49**

Figura 8. Recolección de la pitahaya amarilla **67**

Figura 9. Recepción de la pitahaya amarilla **67**

Figura 10. Frutos seleccionados de pitahaya amarilla para los ensayos físicos .. **68**

Figura 11. Pruebas fisicoquímicas en las cáscaras de pitahayas amarillas **68**

Figura 12. Secado y pesaje de cáscara de pitahaya amarilla. **69**

Figura 13. Molienda y tamizado de cáscaras secas. **70**

Figura 14. Proceso de obtención de la harina de cáscara de pitahaya amarilla .. **71**

Figura 15. Evaluación fisicoquímica de contenidos de cenizas en la HCPA. **72**

Figura 16. Medición de la densidad a granel y de la capacidad formadora de espuma. **72**

Figura 17. Capacidad de absorción de agua y aceite en la HCPA **73**

Figura 18. Incubación de muestra y blanco en medición de fibras **74**

Figura 19. Fibras dietarias extraídas. FDI y FDS **74**

Figura 20. Curva de calibración por ABTS: concentración de trolox (µM) vs % de inhibición. **75**

Figura 21. Curva de calibración por DPPH: concentración de trolox (µM) vs % de inhibición.. ..... **75**

ABREVIATURAS

HCPA: harina de cáscara de pitahaya amarilla

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

CPT: contenido de polifenoles totales

FDT: fibra dietética total

FDI: fibra dietética insoluble

FDS: fibra dietética soluble

$ABTS^{+}$: (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))

DPPH: (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

EAG: equivalentes ácido gálico

ET: equivalente trolox

IC50: half maximal inhibitory concentration

CAT: capacidad antioxidante total

AT: acidez titulable

SST: sólidos solubles totales

MF: módulo de finura

Disp: dispersabilidad

DG: densidad a granel

DC: densidad compacta

CAA: capacidad de absorción de agua

CAa: capacidad de absorción de aceite

CH: capacidad de hinchamiento

CE: capacidad emulsificante

EE: estabilidad de la emulsión

CMG: concentración mínima de gelificación

TG: temperatura de gelatinización

CFE: capacidad formadora de espuma

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo realizar la caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla". La harina se obtuvo de cáscaras frescas, pulverizadas en un molino de cuchillas y tamizadas con malla N° 20. En la caracterización fisicoquímica se evaluaron la humedad, pH, acidez titulable (AT), cenizas, sólidos solubles totales (SST) y módulo de finura (MF) utilizando métodos de la AOAC. La caracterización tecnológica incluyó análisis de absorción de agua (CAA) y aceite (CAa), capacidad de hinchamiento (CH), emulsificante (CE), formación de espuma (CFE), concentración mínima de gelificación (CMG) y temperatura de gelatinización (TG). La caracterización funcional fue mediante la determinación la fibra dietética por método gravimétrico-enzimático, de polifenoles totales (PT) mediante el método de Folin-Ciocalteu y capacidad antioxidante total (CAT) mediante los métodos de ABTS y DPPH. El rendimiento de la harina fue de 13,57% con relación al peso de la cáscara fresca. La harina obtuvo un 9,57% de humedad; 5,31 de pH; 1,41% de acidez titulable; 2,08 de módulo de finura; 12,63% de CAA; 2,02% de CAa; 6,01 mL/g de CH; 51,06% de CE; 47,72% de CFE; 6% de CMG; 89,2°C de TG; 8,37% de CFE; 67,97% de fibra dietética total (FDT); 36,50% de fibra dietética insoluble (FDI); 31,47% de fibra dietética soluble (FDS); 851,12 mg EAG/100g de PT; 157,3229 µmol ET/g (ABTS) y 110,5381 µmol ET/g (DPPH) de CAT. La harina de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla" por sus buenas características fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales constituye un suplemento de fibras y bioactivos en productos de panificación.

Palabras claves: *Hylocereus megalanthus*, harina de cáscara de pitahaya amarilla, tecnológicas, funcionales, fibra dietética.

ABSTRACT

This study aimed to perform the physicochemical, technological and functional characterization of the flour from the shell of *Hylocereus megalanthus* "yellow pitahaya". The flour was obtained from fresh shells, pulverized in a blade mill and sifted with a mesh Nº. 20. In the physicochemical characterization, moisture, pH, titratable acidity (TA), ash, total soluble solids (TSS) and fineness modulus (FM) were evaluated using AOAC methods. The technological characterization included water absorption (WA) and oil absorption (OA), swelling capacity (SC), emulsifier (EC), foam formation (FFP), minimum gelation concentration (MGC) and gelatinization temperature (TG). The functional characterization was carried out by determining dietary fiber by gravimetric-enzymatic method, total polyphenols (TP) by the Folin-Ciocalteu method and total antioxidant capacity (TAC) by ABTS and DPPH methods. The flour yield was 13.57% of the fresh shell weight. The flour obtained 9.57% moisture; 5.31 pH; 1.41% titratable acidity; 2.08 fineness modulus; 12.63% CAA; 2.02% CAa; 6.01 mL/g CH; 51.06% CE; 47.72% CFE; 6% CMG; 89.2°C TG; 8.37% CFE; 67.97% total dietary fiber (TDF); 36.50% insoluble dietary fiber (IDF); 31.47% soluble dietary fiber (SDF); 851.12 mg EAG/100g PT; 157.3229 µmol ET/g (ABTS) and 110.5381 µmol ET/g (DPPH) of CAT. The flour of *Hylocereus megalanthus* "pitahaya yellow" due to its good physicochemical, technological and functional characteristics constitutes a supplement of fibers and bioactives in baking products.

Keywords: *Hylocereus megalanthus*, yellow pitahaya peel flour, technological properties, functional properties, dietary fiber.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La industria hortofrutícola genera grandes cantidades de residuos, los cuales se desechan de manera inadecuada, causando problemas ambientales, de salud pública y económicos[1,2]. Según Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), hasta el 60% de la producción total de frutas y verduras se desperdicia[2]. Solo en el Perú se pierden alrededor de 5,6 millones de toneladas de vegetales cada año[3]. Además, el crecimiento constante de la población humana genera una mayor demanda de vegetales y sus subproductos. Sin embargo, debido al desconocimiento generalizado sobre sus propiedades nutricionales, incluyendo fibras y compuestos bioactivos, afecta negativamente la seguridad alimentaria y reduce su sostenibilidad[2,4]. Las deficiencias en la ingesta de fibras, con un consumo mínimo de 25 g/día recomendado por la FAO, son un factor de riesgo para diversas enfermedades no transmisibles, como la obesidad, la diabetes tipo 2, enfermedades gastrointestinales, enfermedades cardiovasculares y algunas formas de cáncer[4].

Numerosas investigaciones vienen demostrando que los subproductos de frutas y verduras, como semillas, cáscaras y orujos, son ricos en fibra dietética y compuestos bioactivos, con potencial para ser convertidos en ingredientes de alimentos funcionales[2,4]. Sin embargo, su alto contenido de agua dificulta transporte y conservación, requiriendo procesamiento para obtener derivados con menor contenido de agua, como las harinas[1].

La pitahaya, fruta apreciada por sus antioxidantes, vitaminas y contenido de fibra, ha ganado popularidad recientemente[5]. Variedades como *Hylocereus megalanthus* (cáscara amarilla y pulpa blanca), *Hylocereus undatus* (cáscara roja y pulpa blanca) e *Hylocereus monacanthus* (cáscara y pulpa rojas) son destacadas en el mercado mundial[6]. Existen más de 20 tipos de pitahayas, cada uno diferenciado por su color piel y la pulpa[5]. En el Perú, se prefieren las cáscaras amarillas y rojas, especialmente la *Hylocereus megalanthus*[6]. La cáscara, representando del 20% al 25% del peso total de la fruta, es una fuente rica en fibra y en compuestos bioactivos como polifenoles, betalaínas y pectinas[7].

En tal sentido, en esta investigación, como parte de una estrategia de gestión integral de subproductos o residuos vegetales, se enfocó en la caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla” con la finalidad de impulsar su potencial utilización como ingrediente en la industria alimentaria.

Formulación del problema de investigación

¿Cuáles serán las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales de la harina de la cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar las caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla”

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar la caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla”
- Determinar las propiedades tecnológicas de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla”
- Determinar la determinación de la fibra dietética, polifenoles y capacidad antioxidante de la harina de cáscaras de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla”

1.3 Importancia y alcance de la investigación

En la industria de frutihortícola, se generan actualmente 500 millones de toneladas de residuos de cáscaras, los cuales equivalen a entre el 3% y el 50% del peso fresco total de estos productos[2]. La gestión eficiente de estos desechos es esencial para abordar preocupaciones medioambientales y mejorar la seguridad alimentaria. Esta práctica, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), busca promover la sostenibilidad y eficiencia en la cadena de suministro alimentario[2,4].

Las harinas elaboradas a partir de subproductos de frutas, como las cáscaras, son una excelente fuente de fibra dietética y componentes bioactivos, lo que las convierte en ingredientes valiosos para el desarrollo de alimentos funcionales[4,8]. Este aspecto ha captado el interés de numerosos investigadores en el campo.

Además, estas harinas tienen una vida útil prolongada debido al proceso de secado al que se someten, conservando así una mayor cantidad de nutrientes y previniendo la proliferación de microorganismos gracias a la baja humedad, lo que también reduce el espacio necesario para su almacenamiento[1].

Los estudios a nivel nacional sobre las características fisicoquímicas de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla”, así como sus propiedades tecnológicas y funcionales, son escasos y limitados. Por lo que esta investigación es crucial porque contribuirá a una gestión adecuada de residuos, reduciendo su impacto ambiental negativo. La harina obtenida es una fuente importante de fibra dietética y antioxidantes, y se utilizará como un ingrediente alimentario versátil para cumplir con los requerimientos diarios de fibra. Esto ayuda a prevenir enfermedades por deficiencia de fibra dietética como constipación, cáncer colorrectal etc. Además, la harina es más estable debido a su bajo contenido de agua, lo que permite un almacenamiento prolongado y reduce los costos de transporte. Esto proporcionará beneficios significativos a los procesadores, quienes podrán aprovechar tanto la pulpa como la cáscara de la fruta. Indirectamente, se promoverá la producción y el consumo de la fruta, beneficiando la salud de la población y los productores. Finalmente, este trabajo servirá como referencia para futuros estudios sobre el aprovechamiento de residuos de otros vegetales.

1.4 Limitaciones de la investigación

Hubo una escasez de bibliografía nacional e internacional sobre la "pitahaya amarilla" y sus productos derivados, así como investigaciones muy limitadas sobre las propiedades de la harina de cáscara de pitahaya amarilla y su uso en la industria alimentaria, tanto a nivel nacional como internacional. Además, hubo dificultades relacionadas con la disponibilidad de la fruta debido a la temporada de cosecha y retrasos en el inicio de la parte experimental. La recolección se limitó a la provincia de Bongará, Amazonas, y se enfrentaron problemas debido a la situación política y social del país. Aunque no hubo restricciones en los recursos económicos, se encontraron dificultades para generalizar los resultados a otras regiones debido a las diferencias en las condiciones de cultivo y procesamiento de los frutos.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes del estudio

Nurliyana et al. (2010)[9], analizaron el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante en pulpas y cáscaras de pitahaya: *Hylocereus undatus y polyrhizus*. Las cáscaras se secaron a 70 °C; los antioxidantes se extrajeron con etanol al 70% y se liofilizaron los extractos. Los polifenoles totales (CPT), se cuantificaron por el método de Folin-Ciocalteu, mientras que la capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH y capacidad quelante del ión ferroso (FIC). Los valores de CPT y DPPH en las cáscaras fueron mayores al de las pulpas.

Torres et al. (2017)[10], estudiaron la composición química y biocompuestos en diferentes partes de *Selenicereus megalanthus Haw* "pitahaya amarilla" (tallo, cáscara, semilla y pulpa). Se cuantificaron polifenoles con el método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante con ABTS y DPPH. Destacaron los bioactivos en la semilla y la cáscara. Concluyeron que la cáscara de pitahaya amarilla es una alternativa prometedora como ingrediente funcional para alimentos.

Can-Cauich et al. (2017)[11], determinaron la cantidad y capacidad antioxidante de polvos de cáscara de frutas tropicales liofilizadas. Las cáscaras se liofilizaron a -50 °C por48 h, luego se molieron, tamizaron y almacenaron. Los antioxidantes se extrajeron con metanol y se midieron con el método de Folin-Ciocalteau y los ensayos ABTS y DPPH. Los polvos de cáscara de manzana de azúcar verde y morada tuvieron el mayor contenido de fenólicos totales (7,03 y 6,20 g EAG /100g, respectivamente), flavonoides totales (5,04 y 4,92 g EQ /100g, respectivamente). Además, (31,00 y 20,69 mM ET /100g) para ABTS, (48,39 y 39,81 mM ET /100g) para DPPH en las variedades verde y morada, respectivamente. Estos resultados sugieren que los polvos obtenidos son una fuente rica y asequible de antioxidantes naturales, con potencial para ser utilizados en alimentos funcionales y conservantes naturales.

Ibrahim et al. (2018)[12], estudiaron el polvo de cáscara de *Mangifera indica L*. "mango" (MPP), obtenido tras secar las cáscaras en un horno a 60 °C por 8 horas, seguido de molienda y tamizado. Para el análisis fisicoquímico del polvo, se utilizaron métodos AOAC, mientras que la fibra dietética se determinó por el método enzimático-gravimétrico y el contenido mineral se cuantificó mediante espectrofotometría de absorción atómica. Se encontró un alto contenido de fibra

(62,50%) y mayores concentraciones de potasio, calcio y sodio en comparación con la harina de trigo.

Ordoñez et al. (2017)[13], cuantificaron polifenoles totales (CPT) y capacidad antioxidante (CA) en polvos de cáscara y semilla de *Theobroma cacao L.* "cacao", *Opuntia ficus indica Mill.* "tuna amarilla y morada", *Vitis Vinífera* "uva" y *Pourouma cecropiifolia* "uvilla". Las muestras se secaron a 60 °C por 12 horas, se molieron y los antioxidantes se extrajeron con métodos hidroalcohólicos. Se utilizaron el método de Folin-Ciocalteau y los ensayos DPPH y ABTS para medir CPT y CA. Los resultados para polvos de cáscara de tuna amarilla y morada fueron de 1,82 y 2,25 g EAG/100g, respectivamente. El polvo de cáscara de tuna morada mostró mejor CA que el de cáscara de tuna amarilla con IC50 de 18,50 y 27,99 mg/mL, respectivamente en DPPH, y 9,19 y 16,59 mg/mL, en ABTS.

Parafati et al. (2019)[8], caracterizaron la harina de cáscara de *Opuntia ficus-indica L.*,"tuna" (PPPF). El proceso incluyó secado de la cáscara fresca a 42 °C por 48 horas, molienda y tamizado. La caracterización fisicoquímica se realizó mediante métodos AOAC; la determinación de fibra dietética por método enzimático-gravimétrico. Se evaluaron CPT, CFT, betaxantinas, betacianinas y CAT mediante análisis espectrofotométricos y colorimétricos. Los resultados mostraron un alto contenido de fibra dietética (33%), cenizas (12,71%) y polifenoles (17,1 mg GAE/g), con una significativa capacidad antioxidante (6,44 mg QE/g), destacando su potencial como fuente de fibra en productos funcionales como el pan.

Morais et al. (2021)[14], elaboraron y caracterizaron las harinas de cáscara de *Selenicereus megalanthus* "pitahaya amarilla" (YPF) y *Hylocereus costaricensis* "pitahaya roja" (RPF). Las cáscaras se secaron a 55°C por 72 horas, luego se molieron y tamizaron. Utilizaron métodos AOAC para la caracterización fisicoquímica y método enzimático-gravimétrico para medir la fibra dietética. Además, propiedades tecnológicas como el índice de absorción de agua y aceite (AIW y AIO) utilizando método gravimétrico de inmersión. Los resultados mostraron un alto contenido de fibra (YPF: 69,06%, RPF: 60,21%) y cenizas (YPF: 19.55%, RPF: 19.23%). Además, valores significativos de AIW (YPF: 6,91 g gel/g, RPF: 9,72 g gel/g) y AIO (YPF: 2,20 g/100 g, RPF: 1,85 g/100 g), destacando su potencial tecnológico y nutricional.

Amiza et al. (2022)[15], evaluaron las características fisicoquímicas del polvo de cáscara de *Cucumis melo* var. *inodorus* cv. Manis Terengganu 1 "melon manis terengganu". Las cáscaras fueron secadas a 50 °C por 48 horas, luego molidas y tamizadas. Se utilizaron métodos AOAC para el análisis fisicoquímico y el método enzimático-gravimétrico para la determinación de la fibra dietética. Los resultados más significativos de la caracterización del polvo de cáscara mostraron un alto contenido de fibra (36,76%), bajo contenido de lípidos (2,17%) y una humedad del 12,13%.

Atarama Y (2022)[16], realizó la producción y caracterización de harina de cáscara de *Opuntia ficus - indica* (L.) Miller “tuna” morada (HCTM) para desarrollar panes funcionales sustituyendo la harina de trigo con HCTM en diferentes porcentajes. Para la obtención de la HCTM las cáscaras se cortaron y se secaron a 60 °C por 42 a 46 h se molieron y homogenizaron mediante un tamiz de malla Nº 20. La caracterización fisicoquímica se realizó mediante métodos AOAC; el pan más aceptado se probó para contenido de fibra dietética y capacidad antioxidante mediante métodos enzimático-gravimétrico y ABTS, respectivamente. La HCTM mostró 12,43% de rendimiento, 12,28% de humedad, 66,77 °Brix y 2,04 de módulo de finura. El pan con mayor aceptabilidad tuvo 18,73% de fibra dietética total y 36,03 µmol Equivalente de Trolox/g en capacidad antioxidante.

Coutinho et al. (2023)[17], desarrollaron harina de cáscara de *Passiflora edulis f. flavicarpa* “maracuyá amarillo” (PFPF). Las cáscaras fueron cortadas y secadas en estufa con circulación de aire forzada a 60,5 C por 24 h, molidas y homogenizadas mediante un tamiz de malla Nº 32. El análisis proximal y la determinación de granulometría se realizó según métodos AOAC, el contenido de compuestos fenólicos totales (CPT) mediante el método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante (CA) según los métodos DPPH y ABTS. Los resultados de la PFPF 7,28 % de ceniza; 1,24 lípido y 2,13 proteína; 645,54 mg EAG /100g de CPT; 29,06 y 79,05 µM of Trolox/g según ABTS y DPPH respectivamente. Concluyendo que la PFPF tiene una composición rica en compuestos fenólicos y alta capacidad antioxidante.

La ausencia de estudios similares resalta la originalidad y relevancia de esta investigación sobre la caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla". Esto subraya su

importancia para llenar una brecha de conocimiento y proporcionar información valiosa a la industria alimentaria y la comunidad científica.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 El género *Hylocereus*

2.2.1.1 Etimología y origen del género *Hylocereus*

El nombre científico *Hylocereus* proviene del griego *"hyle"*, que significa "madera" y del latín *"cereus"*, que significa "cera"[18]. La procedencia del género *Hylocereus* ha sido objeto de debate, vinculándose con México, Centroamérica, América del Sur y las Indias Occidentales[18,19].

Estas plantas son perennes y trepadoras, con tallos verdes, triangulares y carnosos, y pueden emitir raíces adventicias. Sus flores, de una exquisita fragancia, tienen un exterior verde y segmentos internos blancos, con un estigma verde lobulado. Estas flores, con forma campanular, se abren de noche[19]. Los frutos, conocidos como "pitahayas", son globosos con escamas foliáceas[7].

2.2.1.2 Especies de *Hylocereus*

El género *Hylocereus*, perteneciente a la familia de las Cactáceas, comprende alrededor de 16 especies, aunque solo cinco de ellas son cultivadas con fines productivos: *H. undatus* (pulpa blanca y cáscara roja), *H. megalanthus* (pulpa blanca y cáscara amarilla), *H. polyrhizus* o *costaricensis, H. ocamponis* y *H. monacanthus* (pulpa y cáscara roja)[18,19].

2.2.1.3 Distribución de *Hylocereus*

Hylocereus se cultiva en un espectro geográfico amplio que abarca países como Nicaragua, Guatemala, México, Costa Rica, Colombia, Perú y Venezuela. Además, ha extendido su presencia a destinos internacionales como China, Bahamas, Bermudas, Australia, Estados Unidos (Florida y California), India, Tailandia, Taiwán, Malasia, Filipinas, Vietnam, Camboya, Indonesia e Israel[20].

2.2.1.4 Nombres comunes de la pitahaya

La pitahaya, como se muestra en la Tabla 1, es conocida por una variedad de nombres comunes en diferentes regiones del mundo.

Tabla 1. Nombres comunes de la pitahaya en diferentes regiones del mundo.

Nombre común	Región
Queen of the night	Antillas Inglesas
Dragon fruit	Asia, EEUU y Australia
Pitaia, Pitaya o Cactos	Brasil
Pitaya	Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y en algunas regiones de México.
Pitajaya	Cuba
Fruta del dragón	España
Gigante, Organillo, Reina de la noche	México
Pitahaya	Colombia, Ecuador y Perú
Reina de las Flores	Puerto Rico
Cardón	Venezuela
Thanh long	Vietnam

Fuente: adaptado de INIA 2022[6]

2.2.2 *Hylocereus megalanthus*

2.2.2.1 Etimología del *Hylocereus megalanthus*

La palabra *megalanthus* proviene de las raíces griegas *"mega"* que significa "grande" y *"anthos"* que significa "flor"[21].

2.2.2.2 Clasificación taxonómica

La determinación botánica fue realizada por el Biólogo José Ricardo Campos De La Cruz, colegiado CBP N°3796. La especie fue identificada como *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer, de acuerdo con el Sistema Moderno de Clasificación de Angiospermas (APG), publicado por el Grupo para la Filogenia de las Angiospermas en 1998.

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Caryophyllanae

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Género: *Hylocereus*

Especie: *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer

2.2.2.3 Descripción botánica

La Figura 1, muestra diferentes partes de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla", incluye raíces primarias y adventicias, tallos verdes altamente ramificados con filocladios, flores hermafroditas largas (32-38 cm) en forma de trompeta y frutos ovoides de hasta 12 cm y 250 g. Estos frutos tienen una cáscara espinosa amarilla con brácteas triangulares y contienen una pulpa blanca carnosa y dulce con semillas negras cubiertas por sustancia mucilaginosa[22].

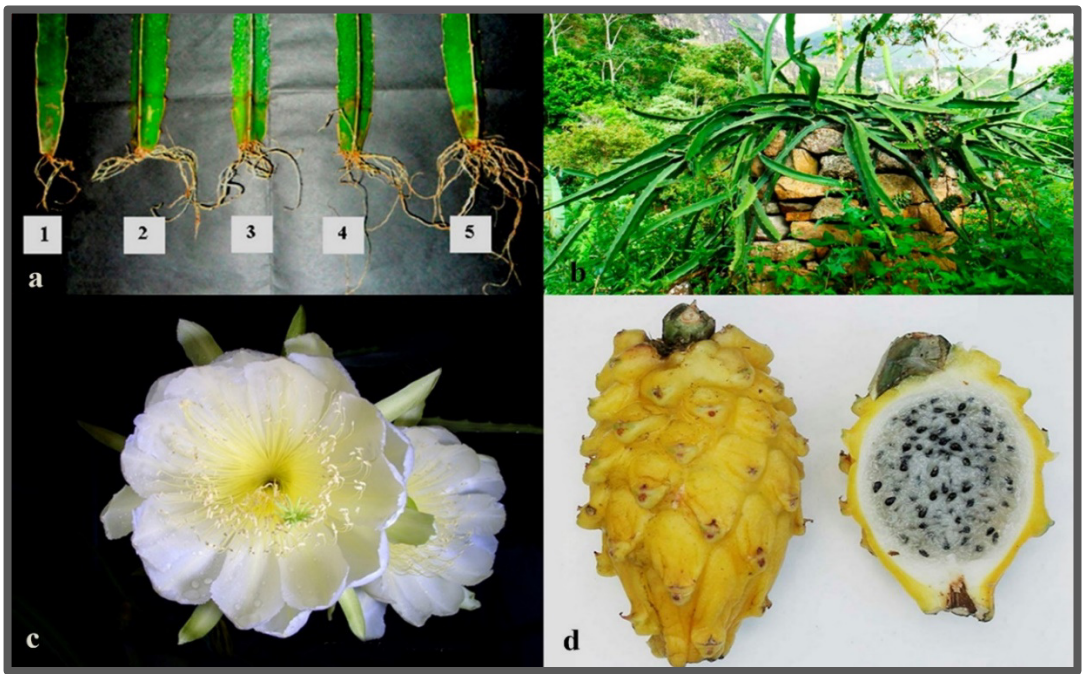


Figura 1. Partes de la especie *Hylocereus megalanthus***.** 1a. Raíces del género Hylocereus. 1b. tallos 1c. Flor. 1d. Fruto. Fuente: Seran[23]. Shah[18].

2.2.2.4 Usos de *Hylocereus megalanthus*

Aunque no se ha estudiado el uso de todas las partes de la planta *Hylocereus megalanthus*, la tabla 2 enumera los usos de diferentes partes de varias especies de *Hylocereus*, incluyendo *H. megalanthus*, en alimentos y productos farmacéuticos, entre otros.

Tabla 2. Usos de diversas especies de *Hylocereus*

Partes	Usos	Industrialización
Planta	Ornamental	
	Cercos vivos	
Tallo	Alimentación humana	Guisos
	Alimentación animal	Forrajes
	Medicinal	Medicamentos
	Cosmetológico	Shampoos y jabones
Flor	Ornamental	
	Medicinal	Medicamentos y *atomizado
	Cosmetológico	Esencias
Pulpa + semillas	Alimentación humana	Pulpa congelada, jugos, jarabes, licores, salsas, *Atomizado
	Alimentación animal	Forrajes
	Medicinal	Medicamentos
	Industrial	Colorantes
Cáscara	Industrial	Colorantes y films
	Alimentación humana	Harina Yogurts Helados

Fuente: adaptado de Vigo[24]. Jalgaonkar[25].

2.2.2.5 Producción de pitahaya

A.1 Producción global

La producción mundial de pitahaya supera los 2,1 millones de toneladas, cultivadas en 116,836 hectáreas[5]. Según la Tabla 3, los países asiáticos lideran con el 97,86% de la producción global, siendo Vietnam el mayor productor con el 50,32%[5]. En contraste, América, con Colombia y Ecuador como principales productores regionales, tiene una presencia significativa pero menor comparada con Asia[5,26]. Perú, aunque con una participación mínima en la producción global, muestra potencial de crecimiento[5]. La pitahaya amarilla, conocida por su mayor dulzura, se importa especialmente a Europa y América del Norte[26].

Tabla 3. Países principales en la producción de pitahaya

País	Área cosechada (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Ton)	*Participación en producción (%)
Vietnam	55419	22 - 35	1074242	50,32
China	40000	17.5	700000	32,79
Indonesia	8491	23,6	221832	10,39
Taiwán	2491	19,7	49108	2,3
Tailandia	3482	7,5	26000	1,22
Colombia	1514	8,8	13250	0,62
Ecuador	1528	7,6	11613	0,54
México	1496	6	9029	0,42
Malasia	680	11.5	7820	0,37
Filipinas	485	10 – 15	6063	0,28
Estados Unidos	324	18	5832	0,27
Camboya	440	11	4840	0,23
India	400	8 – 10.5	4200	0,2
Australia	40	18,5	740	0,03
Perú	34,2	4,2	142	0,01
Sudáfrica	12	8,3	100	0,0047
Otros			≈ 113	0.0053
Total	**116836**		**2 134 821**	

Fuente: adaptado de análisis de mercado - pitahaya 2015 -2020. MIDAGRI, 2021[5].

A.2 Producción nacional

Según lo muestra la Tabla 5, la producción de pitahaya en Perú ha experimentado un notable crecimiento entre 2016 y 2020, evidenciando un creciente interés y desarrollo en la industria. Amazonas se destaca como principal productora de pitahaya amarilla, con la provincia de Bongará concentrando una importante producción de pitahaya amarilla. Se observa una expansión del cultivo a otras áreas como Piura, Huaral y Chanchamayo[6].

Tabla 4. Producción nacional de pitahaya en las principales regiones productoras (2016-2020)

Región	2016	2017	2018	2019	2020
Amazonas	72	79	131	109	116
Ica	25	27	27	29	56
La Libertad				4	6
Lima					159
Total	**97**	**105**	**158**	**142**	**336**

Fuente: adaptado de análisis de mercado - pitahaya 2015 -2020. MIDAGRI, 2021[5].

A.2.1 Principales mercados nacionales

Los principales mercados para la pitahaya peruana son Lambayeque y Lima, con el Mercado Mayorista de Frutas de "Santa Anita" como el receptor principal[6]. Aunque el cultivo está en crecimiento y expansión, los rendimientos por hectárea son bajos en comparación con países como Ecuador y Colombia[8].

2.2.3 La cáscara de *Hylocereus megalanthus*

2.2.3.1 Generalidades de la cáscara

La cáscara de la pitahaya amarilla comienza siendo verde y se vuelve amarillo brillante al madurar[6]. Es una parte crucial que protege la pulpa y la mantiene fresca, compuesta por capas externas duras y escamosas con mamilas o brácteas hexagonales y pentagonales superpuestas y conectadas por fibras. La capa interna es delgada y blanca o amarilla pálida, adherida a la pulpa[6,22].

2.2.3.2 Composición química y nutricional de la cáscara

El perfil nutricional de la cáscara de *Hylocereus megalanthus* puede variar dependiendo de la diversidad de la fruta, los métodos de cultivo y las técnicas de procesamiento. Sin embargo, como se indica en la Figura 2, su composición química y nutricional podría incluir los siguientes compuestos:



Figura 2. Componentes químicos y nutricionales de la cáscara de pitahaya amarilla. Fuente: adapatado de Lupuche[27]. Abirami[28]. K Zhou[29].

2.2.3.3 Usos potenciales de la cáscara

La cáscara ofrece una amplia gama de usos que abarcan desde su aplicación en infusiones ricas en antioxidantes y nutrientes beneficiosos para la salud hasta su versatilidad en la preparación de mermeladas, conservas, y otros productos alimenticios, al ser cocida con azúcar[24,30]. Asimismo, se aprovecha como fuente alimenticia para animales, especialmente en el ganado, al moler su cáscara para elaborar alimentos balanceados[24,30]. También tiene potencial como fertilizante orgánico para plantas y cultivos cuando se combina con otros componentes[24,30]. Además, se investiga su posible valor medicinal debido a sus propiedades antibacterianas y antifúngicas, aunque se requieren estudios adicionales para

validar su seguridad y efectividad en este aspecto[24,30]. Por último, la transformación de la pitahaya en harina amplía aún más sus aplicaciones en la industria alimenticia, siendo un ingrediente versátil para la elaboración de panes, galletas, pasteles, y otros productos[31].

2.2.4 La harina

La harina es un polvo fino obtenido por la molienda de granos, semillas, frutos secos o raíces. Es un ingrediente esencial en la elaboración de diversos alimentos, incluyendo pan, pasteles, galletas, pasta, entre otros. Según el tipo de grano o semilla utilizado, la harina puede tener diferentes propiedades y usos culinarios. En general, la harina aportar estructura y consistencia a los alimentos, además de mejorar su sabor y textura. También puede ser fortificada con vitaminas y minerales para mejorar su valor nutritivo[32]. El uso de harinas derivadas de subproductos de frutas ricas en fibra dietética y compuestos fenólicos puede aumentar el valor nutricional y la calidad de productos de panadería, pastas y tortillas[33,34]. La harina de cáscara de pitahaya amarilla se elabora a partir de la molienda de la cáscara seca del fruto de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"[14].

2.2.4.1 Proceso de elaboración de la harina

La harina se produce al secar la cáscara de la pitahaya amarilla a una temperatura de 60°C durante 42 horas[16]. Luego se muele y tamiza hasta obtener una harina.

2.2.4.2 Harina, ingrediente de alimentos funcionales

La harina de cáscara de pitahaya se utiliza como ingrediente en la elaboración de diversos alimentos, como panes, pasteles, galletas, entre otros[24,30]. Además, debido a su alto contenido de fibra y antioxidantes, la harina de cáscara de pitahaya se considera un ingrediente saludable y nutritivo para la alimentación humana[32].

2.2.4.3 Requisitos de la harina

Los recomendados por la NTS 071-2008 "Criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano" y la NTP 205.064:2015 "Harina de trigo para consumo humano". Que establecen humedad máxima del 15%; ceniza (en base seca) máxima del 1,17%; acidez (en porcentaje de ácido sulfúrico) máximo del 0,15%; mohos ≤ 10^5 (ufc/g); *Escherichia coli* ≤ 10^2 y ausencia de *Salmonella sp.* (ufc/g)[35,36].

2.2.5 Evaluaciones en harinas

2.2.5.1 Propiedades fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas, como la humedad, el pH y la acidez titulable, son esenciales para la industria alimentaria. Estas características permiten comprender el producto, optimizar procesos, garantizar la seguridad y desarrollar nuevos alimentos[37]. Para ser aceptada en la industria, la harina debe cumplir altos estándares fisicoquímicos. Reemplazar la harina de trigo con otra puede ser más efectivo si se caracterizan adecuadamente sus propiedades fisicoquímicas.

- **Análisis de Humedad:** esencial para medir su vida útil y calidad, previniendo problemas químicos y deterioro microbiológico, asegurando estabilidad y seguridad. Además, influye en el almacenamiento, procesamiento y embalaje[38].
- **Análisis de pH:** crucial para medir su estabilidad y prevenir el crecimiento de microorganismos, especialmente bacterias que prosperan en un pH cercano a la neutralidad (6,5-7,0)[14].
- **Análisis de Acidez titulable (AT):** vital, al estar vinculado con el proceso de fermentación o procesamiento, afectando el sabor y olor conservación y propiedades culinarias del alimento[38].
- **Análisis de sólidos solubles totales (SST):** importante para evaluar el dulzor, sabor y calidad del producto final. Influye en aspectos como la temperatura de gelatinización, textura, color y aroma, así como en la humectación y regulación del agua. Además, determina la cantidad adecuada de azúcar a agregar, mejorando la calidad y reduciendo el consumo de energía[14,39].
- **Determinación de cenizas:** esencial para garantizar su calidad, verificar su pureza y composición, y así influir en la nutrición y el procesamiento de productos horneados. Además, es crucial para el etiquetado en la industria de cereales[38].
- **Evaluación de granulometría:** crucial porque el tamaño de las partículas después de la molienda afecta la preparación de pastas y otros productos derivados. Esto influye en la calidad al determinar la absorción de agua, la viscosidad y la uniformidad de cocción. Una granulometría más uniforme mejora la calidad sensorial del producto, incluyendo textura, sabor y aspecto visual, al permitir una cocción uniforme debido a una absorción de agua homogénea[38].

- **Análisis de características colorimétricas:** muy relevante, ya que el color y la apariencia son fundamentales para la percepción inicial del consumidor y su intención de compra. La calidad de los productos secos se evalúa en gran medida por su aspecto visual, siendo el color una característica clave que influye en la aceptación del producto. Es importante que la harina tenga un color similar al vegetal del cual proviene[38].

2.2.5.2 Propiedades tecnológicas

Son aspectos fisicoquímicos para entender cómo se comportan los componentes durante su procesamiento y cocción, afectando la calidad y características finales de los productos[40].

Esta evaluación implica analizar características como porcentaje de dispersabilidad, absorción de agua y aceite, color, capacidad de hinchamiento y de emulsión, entre otras. Esto garantiza la idoneidad de los ingredientes para satisfacer las expectativas del consumidor y las demandas del mercado en la producción de alimentos[40,41].

- **Dispersabilidad o porcentaje de dispersabilidad (Disp):** esencial para la incorporación eficiente de la harina en recetas y formulaciones de alimentos, indicando su capacidad de absorción de agua y la calidad del gel formado, lo cual mejora las propiedades emulsionantes de las proteínas. Un alto valor de dispersabilidad resalta la calidad y versatilidad de los productos alimenticios[41,42].
- **Densidad a granel (DG) y densidad compacta (DC):** fundamentales para evaluar la compacidad y eficiencia de empaquetamiento y almacenamiento de la harina. Una densidad adecuada garantiza un flujo constante en la producción y determina los requisitos de empaque y manipulación, lo cual es influenciado por la distribución, tamaño y forma de las partículas[41,42].
- **Capacidad de absorción de agua (CAA):** crítica para medir cómo la harina absorbe agua y forma una masa adecuada antes de su manipulación y cocción, influyendo en el hinchamiento y consistencia de los productos finales, especialmente en productos horneados[42].
- **Capacidad de absorción de aceite (CAa):** crucial para evaluar cuánto aceite puede absorber la harina, impactando en la textura y sabor del producto final[42]. Una alta CAa puede generar productos con textura y sabor aceitosos, mientras

que una baja CAa puede resultar en productos finales con textura más seca y crujiente en frituras, y un volumen reducido en productos horneados, afectando negativamente la experiencia del consumidor[42].

- **Capacidad de hinchamiento (CH):** clave para evaluar su calidad, especialmente en productos de panadería, ya que indica la habilidad del almidón para absorber agua e hincharse, reflejando las fuerzas en los gránulos de almidón. Esta capacidad varía según el contenido de amilosa y amilopectina en el almidón y otros factores, siendo crucial para obtener la textura deseada en los productos finales[40].
- **Capacidad de emulsión (CE):** crucial para la máxima cantidad de aceite emulsionado por la proteína en la harina es esencial para determinar su calidad en productos alimenticios. Esta capacidad de emulsión afecta directamente la estabilidad y las propiedades de las emulsiones, siendo crucial para conseguir la textura y el sabor deseados en dichos productos[40].
- **Estabilidad de la emulsión (EE):** esencial porque evalúa la habilidad de un sistema emulsionado para conservar sus características fisicoquímicas y resistir variaciones o cambios durante su procesamiento y almacenamiento, garantizando así la calidad del producto y la satisfacción del consumidor[40].
- **Concentración mínima de gelificación (CMG):** mide la cantidad mínima de biopolímeros presentes en la harina necesaria para formar un gel en agua, lo cual es crucial para determinar la calidad de los productos alimenticios[41]. Es especialmente relevante en aplicaciones como sopas y salsas, donde se busca una textura gelatinosa.
- **Temperatura de gelatinización (TG):** indica el punto en el cual el almidón y otros biopolímeros forman gel en las harinas[42]. Es vital para ajustar los procesos de producción y lograr las propiedades deseadas en los alimentos, impactando directamente en su calidad y textura final.
- **Capacidad de Formación de Espuma (CFE):** es fundamental, ya que mide la cantidad de área interfacial que las proteínas pueden crear al batir un alimento o una harina. Esto es importante porque influye en la textura, la consistencia y la apariencia de los alimentos[41,42].

2.2.5.3 Propiedades funcionales

Son aquellas características en los alimentos que van más allá de su valor nutricional básico, ofreciendo beneficios específicos para la salud. Incluyen ingredientes adicionales como vitaminas, minerales, ácidos específicos, componentes bioactivos y un alto contenido de fibra[43].

La evaluación funcional en alimentos es esencial para entender su impacto en nuestra salud al identificar y cuantificar componentes bioactivos beneficiosos. Esto facilita el desarrollo de alimentos más saludables y personalizados, respaldando afirmaciones de salud y garantizando la seguridad de los productos alimenticios funcionales[43].

a) La fibra dietética y el contenido de fibra dietética

La fibra dietética mejora la salud intestinal y reduce la inflamación, regulando la absorción de glucosa y el colesterol. La fibra de frutas, especialmente rica en compuestos bioactivos, es más beneficiosa que la de cereales y ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares y cáncer colorrectal. Además, las fibras de frutas con antioxidantes mejoran la calidad de los alimentos[44]. En la evaluación del contenido de fibra dietética, ya sea su forma soluble o insoluble (FDS y FDI, respectivamente), o fibra dietética total (FDT)[45], se recurre al empleo del siguiente método específico:

- **Método enzimático gravimétrico**

Método utilizado para determinar las fibras dietéticas insolubles, solubles y totales. Se basa en un procedimiento enzimático que involucra varias etapas. En primer lugar, la muestra se trata con α-amilasa termorresistente para descomponer parcialmente el almidón y facilitar su análisis. Luego, se realiza una digestión enzimática de las proteínas utilizando una proteasa. A continuación, se lleva a cabo la descomposición adicional del almidón restante mediante amiloglucosidasa. Las fibras alimentarias solubles se precipitan utilizando etanol y se realiza una filtración del precipitado, seguida de lavados con etanol. Después de eso, el precipitado se seca y se pesa para determinar su masa[45].

b) Antioxidantes y la cantidad total de polifenoles

Los antioxidantes son compuestos que neutralizan las especies reactivas de oxígeno (ROS) en las células biológicas, cuya acumulación puede causar procesos

oxidativos perjudiciales para el organismo. Estos radicales libres contribuyen al estrés oxidativo, el cual está asociado con el envejecimiento prematuro y con enfermedades comunes como la diabetes, hipertensión, preeclampsia, aterosclerosis, insuficiencia renal aguda, Alzheimer, Parkinson y cáncer[46]. Los polifenoles, presentes en alimentos vegetales, son un amplio grupo de compuestos con estructuras que incluyen grupos bencénicos[10]. El contenido fenólico total (TPC) en alimentos se relaciona positivamente con su capacidad antioxidante. En harinas, se evalúa el TPC usando el Método Folin-Ciocalteu[17].

- **Método Folin-Ciocalteu**

Es utilizado para determinar la cantidad total de polifenoles en alimentos y bebidas. Se basa en la capacidad de los polifenoles para reducir los iones de molibdato y tungsteno, formando un complejo de color azul que se puede medir espectrofotométricamente. Tras mezclar la muestra con el reactivo de Folin-Ciocalteu y se mide la absorbancia para determinar la cantidad de polifenoles presentes[46].

c) Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se refiere a la eficacia de los antioxidantes presentes en los alimentos para contrarrestar los efectos nocivos de las especies reactivas de oxígeno (ROS), al interferir o detener las reacciones en las que estas especies están involucradas[27]. Medir la capacidad antioxidante de la harina derivada de subproductos de frutas permite evaluar su potencial nutricional, optimizar su uso en alimentos funcionales y como conservantes, y asegurar la concentración de compuestos bioactivos. Al inhibir el inicio o la propagación de reacciones en cadena oxidativas, se retrasa la oxidación de lípidos u otras moléculas, ayudando a preservar la frescura y prolongar la vida útil de los productos alimentarios[11]. La capacidad antioxidante se puede evaluar utilizando varios métodos, como el método ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)ácido) o el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)[17]. Estos métodos implican la reacción de la harina con un radical libre, como el radical ABTS+ o el radical DPPH[46]. La reducción del radical se mide espectrofotométricamente, y una mayor reducción indica una mayor capacidad antioxidante.

- **Método ABTS (ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)**

El método ABTS es un ensayo comúnmente utilizado para medir la capacidad antioxidante de un compuesto. Consiste en la oxidación de un compuesto químico llamado ABTS en presencia de especies reactivas de oxígeno y radicales libres, lo que provoca un cambio de color que se mide espectrofotométricamente. Se prepara una solución de ABTS y se oxida con peróxido de hidrógeno, luego se agrega la muestra y se mide la disminución en la absorción del ABTS. Este método es ampliamente utilizado en la industria alimentaria y la investigación científica debido a su rapidez y sensibilidad, permitiendo evaluar la capacidad antioxidante de diversas muestras en diferentes matrices[10,46].

- **Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo)**

El método DPPH es un ensayo utilizado para medir la capacidad antioxidante de un compuesto. Consiste en la reducción de un radical libre estable llamado DPPH por un antioxidante, lo que produce un cambio de color que se mide espectrofotométricamente. Se prepara una solución de DPPH en metanol y se agrega la muestra, luego se mide la reducción del DPPH y se expresa como porcentaje de inhibición. Esta técnica es ampliamente utilizada en la industria alimentaria y la investigación científica debido a su rapidez y sensibilidad. Sin embargo, se recomienda combinar el método DPPH con otras técnicas para una evaluación más completa de la actividad antioxidante. Presenta ciertas ventajas en comparación con otros métodos, como el ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno) que son su simplicidad y capacidad de medir una amplia gama de compuestos bioactivos[10,46].

2.3 Glosario de términos

2.3.1 Subproducto: producto secundario o derivado obtenido durante la fabricación de otro producto principal y puede tener valor económico propio o utilidad en otras aplicaciones[1].

2.3.2 Economía circular: modelo que minimiza el desperdicio y maximiza la reutilización, reciclaje y renovación de recursos para un ciclo sostenible de producción y consumo[2,4].

2.3.3 Compuestos bioactivos: moléculas presentes en alimentos naturales que pueden tener efectos beneficiosos para la salud humana, como antioxidantes, antiinflamatorios u otros beneficios fisiológicos[10,19].

2.3.4 Polifenoles: compuestos antioxidantes encontrados en alimentos vegetales que tienen propiedades antioxidantes, antimutagénicas, antienvejecimiento, anticancerígenas y antimicrobianas[10].

2.3.5 Flavonoides: subgrupo de polifenoles vegetales con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, reducen enfermedades crónicas y previenen daño celular por ROS[11].

2.3.6 Luteina y zeaxantina: pigmentos carotenoides responsables de proporcionar coloración amarilla en vegetales; además, actúan como antioxidantes en el cuerpo, protegiendo las células y contribuyendo a la salud ocular[47].

2.3.7 Alimento funcional: alimento que contiene compuestos bioactivos que ofrecen beneficios para la salud más allá de su valor nutricional básico, ayudando a reducir el riesgo de enfermedades[48].

2.3.7 Ingrediente funcional: componente activo de origen vegetal que puede ser extraído de materias primas y añadido a otros alimentos durante su preparación, mejorando su valor nutritivo[48].

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

La harina de la cáscara de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla” presenta buenas carácterísticas fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales.

3.2. Variables

- Características fisicoquímicas
- Propiedades tecnológicas
- Propiedades funcionales

3.3. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	OBSERVACIONES
Características fisicoquímicas	Composición física y química de los alimentos; así como el porcentaje de sus elementos constituyentes que afectan su procesamiento[43].	Se realizarán principalmente por los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC)	• Humedad • pH • Acidez titulable total • Sólidos Solubles totales • Cenizas • Actividad de agua	• < 10% • < 0,50	• % • % acidez • Brix • % • aw	(AOAC, 2019) (Virginia A *et al*..,2018)
Propiedades tecnológicas	Propiedades que influyen sobre la estructura, calidad, textura, aceptabilidad de un producto alimenticio durante su procesamiento o transformación[49].	Se analizarán las propiedades tecnológicas sobre muestras de la HCPA	• Dispersabilidad • Densidad a Granel • Capacidad de absorción de agua • Capacidad de absorción de aceite • Capacidad de hinchamiento • Capacidad y estabilidad de emulsión • Capacidad mínima de gelificación • Temperatura de gelatinización • Capacidad de formación de espuma	No aplica	• % • g/mL • g/g • g/g • mL/g • mL/g; %; % • [ ] • K • %	(Ohizua *et al*., 2017) (Kacou *et al*., 2018) (Chinaza *et al*., 2019) (Monter et al., 2019) (Chandra S et al.,2014) (Chumroenvidhayakul et al., 2022) (Arroyo et al., 2022)
Propiedades funcionales	Propiedades de las biomoléculas no convencionales presentes en los alimentos y que garanticen que su consumo no produzca efectos nocivos; que posee propiedades nutritivas y beneficiosas para el organismo al disminuir y/o prevenir el riesgo de contraer enfermedades[50].	La fibra dietética se realizará por el método enzimático-gravimétrico Polifenoles mediante el método Folin-Ciocalteu Capacidad antioxidante por el método ABTS^{+} y DPPH	• Fibra dietética total • Contenido de polifenoles totales • Capacidad antioxidante	• % de Fibra dietética total • Contenido de polifenoles totales • ABTS^{+} y DPPH	• % • mg de ácido gálico/g • µmol ET/g (µ mol Equivalentes Trolox/g)	(AOAC, 2019) (Bibi et al., 2022) (Ortiz et al., 2012)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

Laboratorios de Bromatología Avanzada y Microbiología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica – UNMSM. Jr. Puno N° 1002, Lima-Perú. Con coordenadas: Latitud: -12.0556133 y Longitud: -77.0235747.

4.2. Diseño de investigación

La investigación es descriptiva, ya que su objetivo es caracterizar la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) desde un punto de vista fisicoquímico, así como clasificar sus propiedades tecnológicas y funcionales sin alterar ninguna de las variables. Puede considerarse prospectiva, porque comenzó antes de que se produjeran los acontecimientos que se estudian y se recopilaron datos a medida que se suscitaron. Además, es transversal, los análisis se llevaron a cabo durante un período de tiempo determinado.

4.3. Población y muestra

Población: No aplica

Muestra: Harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla”

4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información

4.4.1. Obtención y caracterización de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla”

4.4.1.1 Recolección y transporte de los frutos de *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla”

Durante el mes de diciembre de 2022, se recolectaron frutas maduras de la especie *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla", de los productores ubicados en la provincia de Bongará, en la región amazónica del Perú. Posteriormente, se trasladaron en cajas de cartón a los laboratorios de Bromatología y Biotecnología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

4.4.1.2 Selección de los frutos y obtención de las cáscaras

Se escogieron frutos de tamaño similar con una tonalidad adecuada, completamente maduros, que presentaron un aspecto íntegro y firme, sin rastros de daños físicos o microbiológicos. Posteriormente, se lavaron con agua y se

sometieron a un proceso de desinfección mediante la utilización de una solución de hipoclorito de sodio al 100 ppm (0,1 mL/L) durante 15 minutos. Luego, se enjuagaron con agua y se secaron. Luego se eliminaron las mamilas, ápice y pedúnculos (merma de la cáscara). Para finalizar se separaron las cáscaras de las pulpas empleando utensilios de acero inoxidable esterilizados, realizando un corte longitudinal y dos cortes transversales[7].

4.4.1.3 Evaluación de la cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"

a) Evaluación morfológica

Se emplearon 20 frutos con madurez óptima como referencia, midiendo su longitud y diámetro promedio mediante una cinta métrica. Para medir la masa del fruto completo, de la cáscara y la pulpa, se utilizó una balanza analítica. De esta manera, se determinó el peso promedio de los frutos completos y de ambas partes, en gramos. Además, se calculó el rendimiento de la cáscara y la pulpa en porcentaje y la relación pulpa/cáscara[16,51].

b) Evaluación organoléptica

La evaluación de la cáscara del fruto con madurez óptima se realizó por 2 jueces entrenados tomando en consideración el aspecto, color, aroma, sabor y textura mediante los órganos de los sentidos[16].

c) Evaluación fisicoquímica

Los análisis fueron realizados sobre la muestra fresca. El porcentaje de humedad fue determinado solo en la cáscara, mientras que los otros análisis se llevaron a cabo en la cáscara y la pulpa. Todas las pruebas fueron realizadas por triplicado.

- **Humedad**

Se llevó a cabo su determinación mediante el método gravimétrico, tal y como lo recomienda la Association of Official Analytical Chemicals (AOAC), Para ello, se pesaron alrededor de 10 g de la cáscara en placas Petri de vidrio sobre una balanza analítica previamente tarada. Luego, se sometió las muestras a un proceso de deshidratación por medio del secado a 105ºC, se enfrió en un desecador y se volvió a pesar en la balanza analítica hasta alcanzar un peso constante[52]. El porcentaje de humedad en la muestra se realizó mediante la diferencia de masas. Se calculó

utilizando la fórmula 1 y se expresó en g/100g de peso de muestra de cáscara fresca.

$$\textbf{\% de humedad} = \frac{\text{muestra seca inicial(g)} - \text{muestra seca peso constante(g)}}{\text{muestra seca inicial(g)}} \text{ x } 100 \quad \text{... (1)}$$

- **pH**

Se determinó el pH mediante el método potenciométrico. Se pesaron 2 g de cáscara y se trituraron en un mortero. Después, se transfirió el triturado a un vaso de precipitado de 50 mL, se agregaron 20 mL de agua destilada y se midió el pH con un potenciómetro previamente calibrado con soluciones Buffer de pH 4,0 y 7,0[52]. Se realizó la medición del pH por triplicado.

- **Acidez titulable**

Se determinó mediante el método volumétrico. Para ello, se trituraron 2 g de cáscara y se colocaron en un vaso de precipitado de 250 mL con 120 mL de agua destilada. Luego, se llevó a cabo la titulación utilizando NaOH 0,1N[52]. El porcentaje de acidez se calculó utilizando la fórmula 2 y el resultado se expresó en forma de porcentaje de ácido cítrico.

$$\textbf{\%acidez} \left(\frac{\textbf{g de â cítrico}}{\textbf{100g}}\right) = \frac{\text{VxNxF}}{\text{m}} \textbf{ x } 100 \quad \text{..... (2)}$$

Donde: V: Volumen de gasto de la solución de NaOH valorada; **N:** Normalidad de la solución de NaOH valorada; **F:** factor de conversión de miliequivalente ácido cítrico (0,06404); **m:** masa de la muestra (g). La determinación de acidez titulable de la cáscara se realizó por triplicado.

- **Sólidos solubles totales**

Fueron evaluados mediante el método refractométrico. Se trituró 1 g de cáscara en un mortero y se realizó una dilución con 4 mL de agua; después se agitó intensamente con una varilla de vidrio, luego se filtró el jugo obtenido de cada dilución de la muestra con papel filtro. Posteriormente, se colocó una gota en el prisma del refractómetro y se realizó la lectura[52]. Los sólidos solubles totales se calcularon utilizando la fórmula 3 y los resultados se expresaron en grados Brix.

SST = Lectura del refractómetro **x** factor de dilución .....(3)

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

- **Índice de madurez**

El índice de madurez pitahaya amarilla se determinó mediante el cociente de los sólidos solubles totales y la acidez titulable[51]. El índice de madurez se calculó utilizando la fórmula 4.

$$\textbf{Índice de madurez (IM)} = \frac{\text{Brix}}{\%\ \text{de Ácidez}} \quad \text{.....(4)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

..

4.4.1.4. Obtención de la harina de la cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"

a) Secado y molienda de las cáscaras

Se cortaron las cáscaras en pedazos de 1 cm^2 con un cuchillo de acero inoxidable y se secaron en una estufa con aire circulante a 60ºC por 42 a 46 horas hasta que alcanzaron una humedad inferior al 10%[14].

Se molieron las cáscaras secas en un molino de cuchillas para obtener las harinas[7]. Se empleó un tamiz de malla Nº20 (850 µm) para lograr la homogeneización del tamaño de las partículas de la harina obtenida[7].

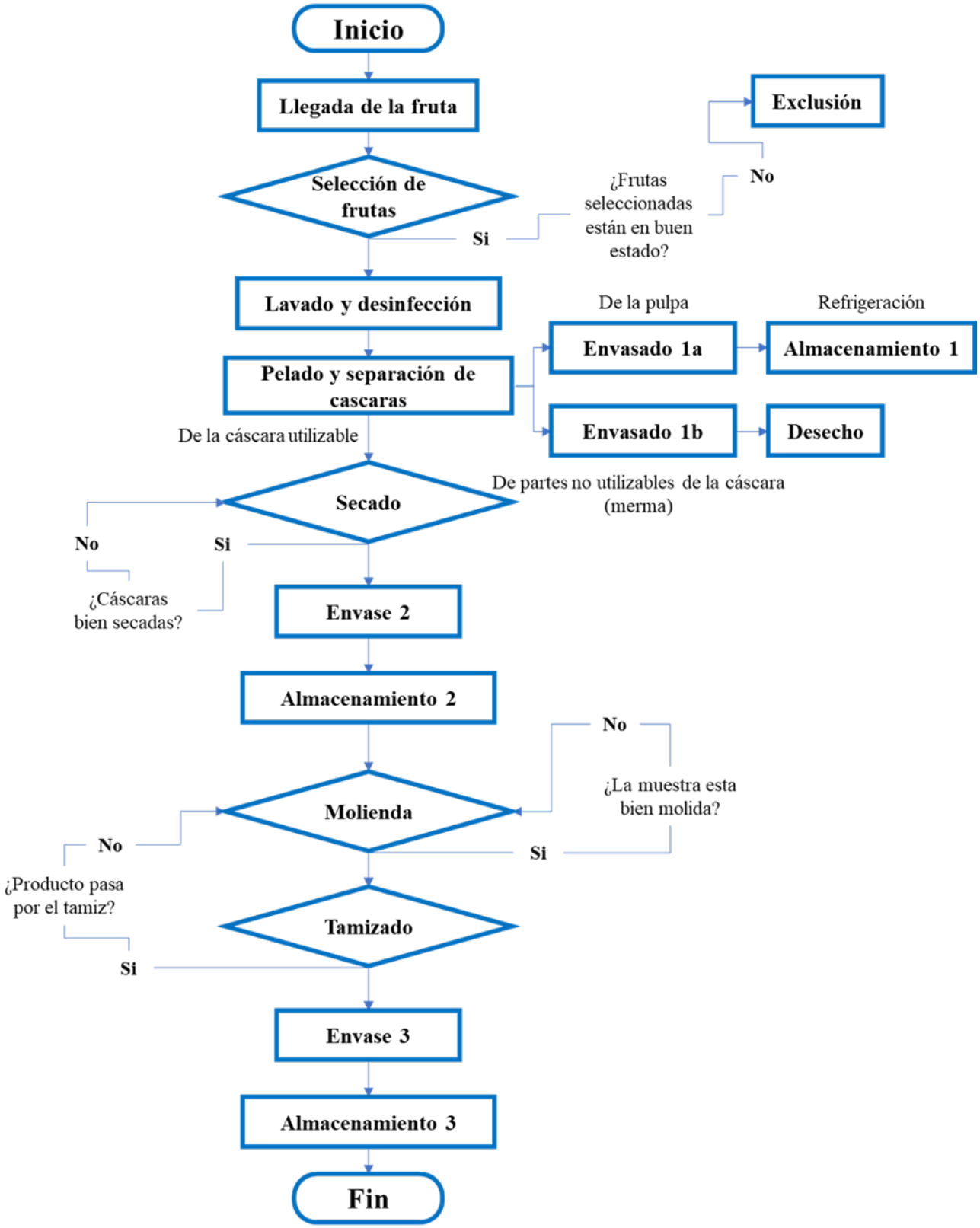


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de la obtención de la harina de cáscara de pitahaya amarilla desde la llegada de la fruta. **Fuente:** Elaboración propia.

b) Almacenamiento de la harina

La harina obtenida se colocó en bolsas trilaminadas con cierre ziploc y se almacenó en un congelador para los ensayos posteriores[53].

4.4.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la harina de cáscara *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"

4.4.2.1. Rendimiento de la harina

Se llevó a cabo el cálculo del rendimiento de la cáscara fresca y seca, así como de la HCPA a partir del pesaje previo de la fruta fresca y entera, las cáscaras frescas, las cáscaras secas y la HCPA[7]. Los cálculos de rendimientos se calcularon utilizando las fórmulas 5, 6 y 7.

$$\textbf{Cáscaras frescas (\%)} = \frac{\text{Cáscara fresca (g)}}{\text{Pitahaya fresca y entera (g)}} \textbf{ x } 100 \quad \text{.....(5)}$$

$$\textbf{Cáscaras secas (\%)} = \frac{\text{Cáscara secas (g)}}{\text{Cáscara fresca (g)}} \textbf{ x } 100 \quad \text{.....(6)}$$

$$\textbf{HCPA (\%)} = \frac{\text{HPA (g)}}{\text{Cáscaras frescas (g)}} \textbf{ x } 100 \quad \text{.....(7)}$$

4.4.2.2. Evaluación de granulometría

Se llevó a cabo mediante un granulómetro; para ello se pesaron aproximadamente 100 g de HCPA en una balanza analítica y se emplearon tamices de mallas N° 40, 60, 80, 100 y 120 con tamaños de aberturas de 425, 250, 180, 150 y 125 µm respectivamente; se utilizaron los factores correspondientes a cada tamiz[16]. El porcentaje retenido acumulado se calculó con la fórmula 8, el subtotal, con la fórmula 9 y el módulo de finura, con la fórmula 10.

$$\textbf{\% retenido acumulado} = \frac{\text{Cantidad retenida por cada tamiz (g)}}{\text{HCPA (g)}} \textbf{ x } 100 \quad \text{.....(8)}$$

Subtotal de tamiz = %retenido de cada tamiz x factor de cada tamiz .....(9)

$$\textbf{Módulo de finura (MF)} = \frac{\Sigma \text{ Subtotal de los tamices}}{100} \quad \text{.....(10)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.4.2.3. Análisis de características colorimétricas

La muestra fue colocada en una placa de Petri de 7 cm de diámetro y se utilizó un colorímetro. Los valores de color se expresaron mediante el sistema CIE-L* a* b*, donde L* indica luminosidad (L* = 0 o 100 indican blanco y negro respectivamente); a*, el eje de cromaticidad entre verde (-) a rojo (+), y b* el eje entre azul (-) y amarillo (+). Los valores numéricos de L*, a* y b* se usaron para obtener el croma (C) y el matiz (°h)[54]. El croma (C) se calculó con la fórmula 11 y el matiz (°h) con la fórmula 12.

$$\mathbf{C} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{.....(11)}$$

$$\mathbf{h^o} = \mathrm{tg}^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad \text{.....(12)}$$

Las medidas se realizaron por triplicado.

4.4.2.4. Análisis organoléptico

Se llevó a cabo por dos evaluadores entrenados, quienes evaluaron el aspecto, color, aroma, sabor y textura mediante los sentidos[16].

4.4.2.5. Análisis fisicoquímico

Durante las evaluaciones, se emplearon los métodos de la AOAC en la muestra fresca de HCPA[46]. Cada determinación se llevó a cabo por triplicado.

- **Humedad**

Se pesaron alrededor de 2 g de HCPA en placas de Petri de vidrío previamente taradas en una balanza analítica. Luego, se sometieron las placas a secado a una temperatura de 105°C hasta obtener un peso constante[52]. Se pesaron nuevamente las placas en la balanza analítica. El porcentaje de humedad en la muestra se realizó mediante la diferencia de masas. Se calculó utilizando la fórmula 1 y se expresó en g/100g de peso de muestra de harina.

$$\textbf{\% de humedad} = \frac{\text{muestra seca inicial(g)} - \text{muestra seca peso constante(g)}}{\textbf{muestra seca inicial(g)}} \times 100 \quad \text{...(1)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

- **pH**

Se utilizó el método potenciométrico para determinar el pH. Se pesaron 1 g de HCPA y se colocaron en un vaso de precipitado de 50 mL. Se agregaron 10 mL de agua destilada, se agitó la solución y se dejó reposar durante 15 minutos. Posteriormente, se midió el pH de la muestra utilizando un potenciómetro previamente calibrado con soluciones Buffer de pH 4,0 y 7,0[52]. La medición del pH se realizó por triplicado.

- **Acidez titulable**

Se colocaron 0,5 g de HCPA en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, luego se añadieron 150 mL de agua destilada, se agitó y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N[52]. El porcentaje de acidez se calculó utilizando la fórmula 2 y el resultado se expresó en forma de porcentaje de ácido cítrico.

$$\textbf{\%acidez } \left(\frac{\textbf{g de â cítrico}}{\textbf{100g}}\right) = \frac{\text{VxNxF}}{\text{m}} \textbf{ x } 100 \quad \text{.....(2)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

- **Sólidos solubles totales**

Fueron evaluados mediante el método refractométrico. Se pesaron 0,5 g de HCPA en un vaso de precipitado previamente tarado y se realizó una dilución con 10 mL de agua; después se agitó intensamente con una varilla de vidrio, luego se filtró el jugo obtenido de cada dilución de la muestra con papel filtro. Posteriormente, se colocó una gota en el prisma del refractómetro y se realizó la lectura[52]. Los sólidos solubles totales se calcularon utilizando la fórmula 3 y los resultados se expresaron en grados Brix.

SST = Lectura del refractómetro **x** factor de dilución .....(3)

Las determinaciones se hicieron por triplicado.

- **Determinación de cenizas**

Se realizó la medición de 2 g de HCPA en un crisol previamente tarado. Después, se sometió el crisol a una cocinilla para carbonizar la muestra y posteriormente se sometió a una temperatura de 550°C en una mufla por 4-5 horas con el fin de

obtener cenizas de color uniforme blancas azuladas y asegurarse de que la muestra se hubiera incinerado por completo. El porcentaje de cenizas en la muestra se realizó mediante la diferencia de masas[52]. Se calculó utilizando la fórmula 13 y se expresó en g/100g de peso de muestra de harina.

$$\textbf{\% de cenizas} = \frac{\text{crisol con cenizas (g)} - \text{crisol vacio (g)}}{\text{muestra inicial de HCPA (g)}} \textbf{ x } 100 \quad \text{.....(13)}$$

Las determinaciones se hicieron por triplicado.

4.4.2.6. Análisis microbiológico

Las muestras fueron preparadas siguiendo los procedimientos recomendados por la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas en Alimentos (ICMSF), y las diluciones necesarias se llevaron a cabo de acuerdo con los estándares establecidos en los "Criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano" especificados en la NTS 071-2008[35,55]. En consecuencia, se realizaron análisis que incluyeron el recuento de mohos, así como la determinación de aerobios mesófilos y la presencia de *Salmonella spp*[35,36].

4.4.3. Evaluación tecnológica de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"

4.4.3.1. Dispersabilidad

Se pesaron 0,5 g de HCPA en una probeta de 50 ml y se agregó agua destilada hasta alcanzar los 10 ml; después se agitó vigorosamente y se dejó reposar durante 3 horas. Se registró el volumen de partículas de la muestra que se sedimentaron y se restó al volumen de 10mL[37]. El porcentaje de dispersabilidad se calculó utilizando la fórmula 14.

$$\textbf{Disp (\%)} = \frac{10\ \text{mL} - \text{Volumen de partículas sedimentadas (mL)}}{10\ \text{mL}} \textbf{ x } 100 \quad \text{.....(14)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.4.3.2. Densidad a granel (DG) y Densidad compactada (DC)

Unos 0,5 g de la muestra fueron pesados en una probeta graduada de 50 mL; a continuación, se golpeó suavemente la probeta sobre la mesa de trabajo unas 10 veces desde una altura aproximada de 5 cm para generar vibración. Luego, se registró el volumen de la muestra después del golpeteo[37,56]. La densidad a granel se calculó utilizando la fórmula 15.

$$\textbf{DG (g/mL)} = \frac{\text{Muestra (g)}}{\text{Volumen ocupado por la muestra (mL) después de leve golpeteo}} \quad \text{.....(15)}$$

La determinación de la densidad compactada se llevó a cabo aplicando golpes moderados a la muestra contenida en una probeta graduada de 50 mL, realizando 100 golpes desde una altura de 15 cm[41,56]. La densidad compacta de la HCPA se calculó utilizando la misma fórmula 15

$$\textbf{DC (g/mL)} = \frac{\text{Muestra (g)}}{\text{Volumen ocupado por la muestra (mL) después de moderado golpeteo}} \text{....(15)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.4.3.3. Capacidad de absorción de agua (CAA)

Se mezcló 0,5 g de las muestras de HCPA con 10 mL de agua a temperatura ambiente y se colocó la mezcla en un tubo de centrífuga graduada de 15 ml, donde se dejó reposar por 30 minutos. Posteriormente, se centrifugó a una velocidad de 1200 x g durante 30 minutos[41]. Se expresaron tanto WAC como % WAC como gramos de agua por gramo de muestra en base seca (g/g) y en porcentaje (%)[41]. El cálculo fue realizado utilizando la siguiente fórmula: La Capacidad de absorción de agua se calculó utilizando la fórmula 16.

$$\textbf{CAA} = \frac{\text{Peso de agua absorbida (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \quad \text{.....(16)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.4.3.4. Capacidad de absorción de aceite (CAa)

Se mezcló 0,5 g de las muestras de HCPA con 10 mL de aceite refinado a temperatura ambiente y se colocó la mezcla en un tubo de centrífuga graduada de

15 ml. Después de dejar reposar la mezcla por una hora, se centrifugó a una velocidad de 1600 x g durante 20 minutos[41]. Se expresaron tanto OAC como % OAC como gramos de aceite por gramo de muestra en base seca (g/g) y en %[41]. La Capacidad de absorción de agua se calculó utilizando la fórmula 17.

$$\textbf{CAa} = \frac{\text{Peso de aceite absorbida (g)}}{\text{Peso de muestra(g)}} \quad \text{.....(17)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.4.3.4. Capacidad de hinchamiento (CH)

Se procedió a pesar 0,5 gramos de muestra y medir su volumen en un tubo graduado de 50 ml. A continuación, se agregó agua destilada hasta alcanzar los 25 ml y se agitó suavemente para dispersar la muestra. La mezcla se dejó reposar a temperatura ambiente durante 20 horas[57]. Al cabo de ese tiempo, se midió el volumen final que ocupaba cada muestra y los resultados se expresaron en mL/g de muestra. Los resultados se expresaron en mL/g de muestra[57]. La Capacidad de hinchamiento se calculó utilizando la fórmula 18.

$$\textbf{CH} = \frac{\text{Volumen final(mL)} - \text{Volumen inicial(mL)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \quad \text{.....(18)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.4.3.5. Capacidad emulsificante (CE) y %CE

Se preparó una emulsión mezclando 0,5 gramo de muestra, 5 mL de agua destilada y 5 mL de aceite refinado en un tubo de centrífuga calibrado. Posteriormente, se sometió la emulsión a una centrifugación a una velocidad de 2000×g durante 5 minutos[57]. Tanto la CE como %CE se expresaron en mL de aceite emulsificado por gramo de HCPA y en porcentaje (%), respectivamente[58,59]. La Capacidad de emulsificante (CE) y el porcentaje de emulsión (%CE) se calcularon utilizando las fórmulas 19 y 20 respectivamente.

$$\textbf{CE} = \frac{\text{Aceite emulsificado (mL)}}{\text{HCPA (g)}} \quad \text{.....(19)}$$

$$\textbf{CE (\%)} = \frac{\text{Altura de la capa emulsionada}}{\text{Altura de la solución completa en el tubo de centrífuga}} \quad \text{.....(20)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.4.3.6. Estabilidad de la emulsión (EE)

El tubo de centrífuga calibrado que contenía la emulsión obtenida anteriormente fue calentado a 80 °C durante 30 minutos en un baño de agua maría. Posteriormente, fue enfriado con agua potable y centrifugado a 2000 × g durante 15 minutos[59]. La estabilidad de la emulsión expresada como porcentaje se calculará como la relación entre la altura de la capa emulsionada y la altura total de la mezcla (relación entre volumen final y volumen inicial de emulsión)[58]. La estabilidad de la emulsión se calculó utilizando la fórmula 21.

$$\textbf{EE (\%)} = \frac{\text{Volumen final de la emulsión (mL)}}{\text{Volumen inicial de la emulsión (mL)}} \textbf{ x } 100 \quad \text{.....(21)}$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.4.3.7. Capacidad mínima de gelificación

Se prepararon dispersiones de harina en 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5 y 6% (g/mL) en 5 mL de agua destilada. Posteriormente, se calentaron en baño maría a 90 °C durante 1 hora y se enfriaron con agua, manteniéndose por 2 horas a 10 °C. Se determinó la capacidad mínima de gelificación como la concentración de la muestra que no se caía ni deslizaba cuando se invertía el tubo[59].

4.4.3.8. Temperatura de gelatinización

Se pesó una muestra de 0,5 g de harina y se colocó en un tubo de 20 ml con tapón de rosca. Se añadieron 5 mL de agua a la muestra, luego se calentó lentamente en baño maría hasta que se formó un gel sólido completamente. Para concluir, se midió la temperatura respectiva, la cual se tomó como temperatura de gelatinización[59]. Las determinaciones se hicieron por triplicado

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.4.3.9. Capacidad de formación de espuma (CFE)

Se pesó 0,5 g de muestra de HCPA y se añadió a 25 ml de agua destilada en una probeta de 50 ml. Se mezcló y agitó adecuadamente la suspensión hasta que se formó espuma y se registró el volumen final después de 30 segundos. El porcentaje de la capacidad de formación de espuma se determinó como el aumento de volumen después de los 30 segundos[41]. El cálculo de la capacidad espumante se realizó utilizando la fórmula 22.

$$\textbf{CFE (\%)} = \frac{\text{Volumen después de batir (mL)} - \text{Volumen antes de batir(mL)}}{\text{Volumen después de batir (mL)}} \textbf{ x } 100 \ldots (22)$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.4.4. Caracterización de las propiedades funcionales de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"

4.4.4.1 Cuantificación de la fibra dietética

Se determinó la fibra dietética total, soluble e insoluble utilizando el método enzimático-gravimétrico propuesto por AOAC[52]; se utilizó un kit de ensayo de Supelco para las determinaciones. Se llevaron a cabo dos mediciones tanto para la muestra como para el valor en blanco (sin muestra)[45].

✓ **Digestión enzimática**

Se pesó 0,5 g de muestra de HCPA en un vaso de precipitado previamente tarado, mientras que otro vaso de precipitado se utilizó para el blanco. Se agregaron 40 mL de solución tampón MES/TRIS a ambos vasos de precipitado y se ajustó el pH a 8,3 con hidróxido sódico (5%). A continuación, se agregaron 50 µL de α-amilasa y se incubaron en baño maría durante 30 minutos a 90 °C, luego se enfriaron a 60 °C. Se agregaron 50 µL de proteasa y se incubaron a 60°C durante 30 minutos. Posteriormente, se agregaron 5 mL de HCl (0,56 mol/L) y se ajustó el pH a un valor de 4,0-4,7 a 60°C con NaOH al 5% o con ácido clorhídrico al 5%. Finalmente, se agregaron 150 µL de amiloglucosidasa y se incubaron durante 30 minutos a 60 °C. Durante los procesos de degradación enzimática, las incubaciones se realizaron en baño de maría manteniendo los vasos tapados con vidrios de reloj y agitándose manualmente cada 15 minutos[45].

▪ **Determinación de fibra dietética insoluble (FDI)**

Después de la degradación enzimática, se filtraron las soluciones de los vasos de precipitados utilizando un embudo Buchner de vidrio sinterizado y se arrastraron los residuos con 10 mL de agua a 70°C, 15 mL de etanol al 78%, 15 mL de etanol al 95% para obtener el "agua de lavado". Los embudos se dejaron secar durante la noche en una estufa a 105°C y luego se pesaron en una balanza digital[45]. La determinación de fibra dietética insoluble (FDI) se realizó utilizando la fórmula 23.

$$\textbf{FDI (\%)} = \frac{\Delta_H - \Delta_B}{m} \textbf{ x } 100 \quad \text{.....(23)}$$

Donde:

$\boldsymbol{\Delta_H}$**:** masa del embudo con HCPA antes del secado - masa del embudo con HCPA después del secado

$\boldsymbol{\Delta_B}$**:** masa del embudo con el blanco antes del secado - masa del embudo con el blanco después del secado

m: masa de la muestra de HCPA pesada inicialmente.

Las determinaciones se realizaron por duplicado.

- **Determinación de fibra dietética soluble (FDS)**

La determinación de fibra dietética soluble se llevó a cabo mediante la transferencia de la solución filtrada previamente a vasos de precipitados de 600 mL. Se agregó al vaso 4 veces la cantidad de etanol al 95% a 60°C y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 1 hora hasta la formación de un precipitado. Luego, se filtró utilizando un equipo de filtración a vacío con embudos Buchner y papel filtro previamente tarado. Los residuos de cada vaso se arrastraron con 15 mL de etanol al 78%, 10 mL de etanol al 95%. Finalmente, cada papel filtro se secó durante 12 horas a 105°C, se enfrió y se pesó en una balanza analítica[45]. La determinación de fibra dietética soluble (FDS) se realizó utilizando la fórmula 24.

$$\textbf{FDS (\%)} = \frac{\Delta_H - \Delta_B}{m} \textbf{ x } 100 \quad \text{.....(24)}$$

Donde:

$\boldsymbol{\Delta_H}$**:** masa del papel filtro con HCPA antes del secado - masa del papel filtro con HCPA después del secado

$\boldsymbol{\Delta_B}$**:** masa del papel filtro con el blanco antes del secado - masa del papel filtro con el blanco después del secado

m: masa de la muestra de HCPA pesada inicialmente.

Las determinaciones se realizaron por duplicado.

- **Determinación de fibra dietética total (FDT)**

El contenido de fibra dietética total de la harina se determinó mediante la suma de los porcentajes de la fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS)[45]. La determinación de fibra dietética total (FDT) se realizó utilizando la fórmula 25.

$$\textbf{FDT} = \text{FDI} \textbf{ + } \text{FDS} \quad \text{.....(25)}$$

4.4.4.2 Cuantificación de polifenoles

✓ **Preparación del extracto**

En un vaso de precipitado de 100 mL se pesó 0,1 g de muestra de HCPA y se extrajo con 50 mL de una solución etanol (96%): agua (1:1, v: v). La suspensión resultante se colocó en un agitador magnético a 75°C por 1 h. El extracto se separó mediante centrifugación a 10 000 rpm durante 10 minutos y el sobrenadante obtenido se transfirió a crioviales de 2 mL. Posteriormente, los crioviales se almacenaron en congelación hasta las determinaciones correspondientes[16].

✓ **Determinación de compuestos fenólicos**

Se llevó a cabo la determinación mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu con algunas variaciones. En tubos de ensayo se mezclaron 0,5 mL de extracto, agua destilada como blanco o solución estándar, junto con 2,5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu, el cual se había diluido previamente con agua destilada (1:15), y 2 mL de solución de Na_2CO_3 (7,5%) en cada tubo. Se agitaron vigorosamente y se incubaron durante 90 minutos. Finalmente, se leyó la absorbancia a 760 nm del complejo azul formado y se determinó una curva de calibrado de las mediciones. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra de harina (mg GAE/g)[60,61]. La determinación del contenido de fenoles totales (CPT) se realizó utilizando la fórmula 26.

$$\mathbf{CPT_{FC}\ (mg\ de\ ácido\ gálico/g)} = \frac{Abs_{FC} - a_{FC}}{b_{FC}} \quad \text{.....(26)}$$

Donde:

FC: Método de Folin-Ciocalteu

$\mathbf{CPT_{FC}}$**:** Contenido de polifenoles totales de la HCPA expresados en mg de ácido gálico/g

$\mathbf{Abs_{FC}}$**:** Absorbancia de la muestra de HCPA en la curva de calibrado del contenido de ácido gálico/g por FC

$\mathbf{a_{FC}}$**:** Ordenada al origen de la curva de calibrado del contenido de ácido gálico/g por FC

$\mathbf{b_{FC}}$**:** Pendiente de la curva de calibrado del contenido de gálico/g por FC

4.4.4.3 Determinación de la capacidad antioxidante

Se determinó la capacidad antioxidante mediante el uso de las técnicas ABTS y DPPH.

✓ **Capacidad antioxidante mediante la técnica ABTS**

Se tomó una alícuota de 30 µL del extracto y se colocó en una probeta, mientras que en otra probeta se colocó alcohol etílico como blanco. Ambas probetas recibieron 3 mL de la solución de ABTS diluida y se dejaron incubando a 25 ◦C durante 10 minutos en ambiente oscuro. Luego, se midió la absorbancia a 734 nm utilizando un espectrofotómetro. Para elaborar la curva estándar, se usó Trolox en concentraciones de 10-2000 µM. La capacidad antioxidante se expresó como µM de equivalentes de Trolox por gramo de muestra[16]. Se realizó la determinación del porcentaje de inhibición por el método $ABTS^+$ utilizando la fórmula 27.

$$\textbf{\% Inhibición ABTS}^{+} = \frac{\mathbf{Ac - Am}}{\mathbf{Ac}} \times 100 \quad \text{.....(27)}$$

Donde:

Ac: Absorbancia de los controles

Am: Absorbancia de la muestra.

✓ **Capacidad antioxidante mediante la técnica DPPH**

En un tubo de ensayo se mezcló una alícuota de 30 µL del extracto de harina con 3 mL de una solución de DPPH (0,1 mM) en etanol. La mezcla se dejó reaccionar en la oscuridad durante 30 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, se midió la absorbancia de la solución a una longitud de onda de 517 nm en un espectrofotómetro. Se preparó una curva estándar utilizando Trolox en concentraciones de 10-2000 µM y se utilizó para expresar la actividad antioxidante de la harina en µM de equivalentes de Trolox por gramo de muestra[60,61]. Se realizó la determinación del porcentaje de inhibición por el método DPPH utilizando la fórmula 28.

$$\textbf{\%Inhibición DPPH} = \frac{\mathbf{Ac - Am}}{\mathbf{Ac}} \times 100 \quad \text{.....(28)}$$

Donde:

Ac: Absorbancia de los controles

Am: Absorbancia de la muestra.

4.5. Análisis estadístico

Para organizar los datos obtenidos y calcular los promedios y desviaciones estándar de las características fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales de la HCPA, se utilizaron Excel 2021 y SPSS 26.0. Las diferencias significativas entre las medias de los extractos hidroalcohólicos a distintas temperaturas, para la determinación del contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante, se evaluaron mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0,05, utilizando Statgraphics 19 y SPSS 26.0.

V. RESULTADOS

5.1. Obtención y evaluación de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"

5.1.1. Caracterización de la cáscara de pitahaya amarilla

Los resultados obtenidos con respecto a las dimensiones de los frutos de pitahaya amarilla que se usaron en la parte experimental fueron:

Tabla 5. Porcentaje de pulpa - semillas, cáscara, merma y relación pulpa/cáscara por unidad de fruto de pitahaya amarilla

Características	$\bar{x}$ ± DE
Peso del fruto entero (g)	346,91 ± 34,45
Pulpa-semillas (%)	66,12 ± 1,94
Cáscara bruta (%)	33,88 ± 1,94
Cáscara neta o procesada (%)	25,39 ± 2,06
Merma (%)	8,49 ± 0,23
Pulpa/Cáscara Bruta	1,96 ± 0,17

$\bar{x}$ ± DE: Media ± Desviación Estándar (n=20)

En la Tabla 5 se observa que, el porcentaje de cáscara bruta representa aproximadamente una tercera parte del peso total del fruto, con un valor de 33,88 ± 1,94%. El porcentaje de cáscara neta (sin mamilas, ápice y pedúnculos) corresponde a casi una cuarta parte del fruto. La merma (mamilas, ápice y pedúnculos) es de 8,49 ± 0,23%, y la relación entre Pulpa y Cáscara Bruta es de 1,96 ± 0,17.

Tabla 6. Características organolépticas de la pulpa y la cáscara del fruto de pitahaya amarilla

Características	Pulpa	Cáscara
Aspecto	Jugoso	Fibroso
Color	Blanco	Amarillo
Aroma	Sui géneris	Sui géneris
Sabor	Dulce y ligeramente ácido	Moderadamente dulce

Textura	Suave	Firme y crujiente

Realizado por triplicado (n=3)

En la Tabla 6, se expone las diferencias entre la pulpa y la cáscara del fruto de pitahaya amarilla. La pulpa es jugosa, blanca, con un aroma dulce y tropical, sabor dulce y ligeramente ácido, y textura suave. En contraste, la cáscara es fibrosa, amarilla, con un aroma más frutal y floral, sabor moderadamente dulce, y textura firme y crujiente.

Tabla 7. Características fisicoquímicas de la pulpa y cáscara del fruto de pitahaya amarilla, en muestra fresca

Características	**Pulpa**	**Cáscara**
	x̄ ± DE	**x̄ ± DE**
Humedad (%)	-	87,01 ± 0,37
pH	4,86 ± 0,03	5,04 ± 0,10
Acidez titulable (%) *	0,11 ± 0,00	0,08 ± 0,00
Sólidos solubles totales (°Brix)	18,5 ± 0,32	3,58 ± 0,08
Índice de madurez (°Brix/%)	170,24 ± 5,13	

x̄ ± DE: Media ± Desviación Estándar (n=3)

*Expresado en gramos de ácido cítrico/100g de muestra fresca.

En la Tabla 7 se evidencia que, la cáscara presenta 87,01 ± 0,37% de humedad; un pH de 5,04 ± 0,1; y 3,58 ± 0,08 ºBrix de sólidos solubles. El índice de madurez promedio del fruto es 170,24 ± 5,13.

5.1.2. Obtención de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"

La harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) fue obtenida a partir de pitahayas seleccionadas y acondicionadas. Las cáscaras se separaron manualmente de las pulpas mediante tres cortes (uno longitudinal y dos transversales), luego se cortaron en trozos pequeños y secaron en estufa. Posteriormente, fueron molidas y tamizadas para obtener partículas homogéneas. La harina obtenida se muestra en la Figura 4, mientras que el proceso completo, desde la selección de la fruta hasta el almacenamiento en bolsas herméticas, se detalla en anexos (Figura 14).



Figura 4. Harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA).

5.1.3. Caracterización de la harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"

Tabla 8. Rendimiento (Rdto) de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA)

Fruto Fresco (Ff)	Cáscara fresca "bruta" (Cfb)	Cáscara fresca "neta" (Cfn)	Cáscara seca "en trozos" (Cs)	Rdto de HCPA/Ff	Rdto de HCPA/Cs
19289 g	6535,11	4897,28 g	709,84 g	664,57 g	664,57 g
100%	33,88%	25,39%	3,68%	3,45%	13,57%

En la Tabla 8 se observa que, la cáscara fresca neta (sin mamilas, ápice y pedúnculos) representa el 25,39% del peso total del fruto. El rendimiento de la HCPA es del 3,45% respecto al peso del fruto fresco. Además, el rendimiento de la HCPA es del 13,57% respecto al peso de la cáscara fresca neta.

Tabla 9. Granulometría de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA)

Nº de tamiz	Abertura (um)	Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	Factor (Fuerza de tamiz)	Subtotal de tamiz (%retenido x factor)	Módulo de Finura (MF)
40	425	8,31 ± 0,05	8,30 ± 0,03	8,30	5	41,50	2,08
60	250	10,14 ± 0,48	10,13 ± 0,19	18,43	4	40,52	
80	180	14,20 ± 1,23	14,19 ± 0,68	32,62	3	42,57	
100	150	31,14 ± 0,67	31,12 ± 0,35	63,74	2	62,24	

120	125	21,61 ± 0,86	21,59 ± 0,42	85,33	1	21,59
Plato	-	14,68 ± 0,74	14,67 ± 0,36	100,00	0	0
Total		100,08 ± 0,12	100 ± 0,0			208,42

Datos expresados como media ± Desviación Estándar; (n=2)

La Tabla 9 muestra que, el tamiz N° 100 retuvo el mayor porcentaje de HCPA, con un 31,12 ± 0,35%, seguido por el tamiz N° 120, que retuvo un 21,59 ± 0,42%. El tamiz N° 40 retuvo el menor porcentaje, con un 8,30 ± 0,03%. El Módulo de Finura (MF) es 2,08.

Tabla 10. Características organolépticas de harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA)

Características	HCPA
Aspecto	Polvo fino homogéneo
Color	Amarillo
Olor	*Sui generis*
Sabor	Ligeramente dulce
Textura	Fibrosa

Realizado por triplicado (n=3)

En la Tabla 10 se detallan las características organolépticas de la HCPA: polvo fino amarillo pálido, con un aroma ligero frutal y floral, un sabor ligeramente dulce apenas perceptible y una textura fina.

Tabla 11. Características fisicoquímicas de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA)

Característica	Valores
	x̄ ± DE
Humedad (%)	9,57 ± 0,15
pH	5,31 ± 0,05
Acidez titulable (%) *	1,41 ± 0,05
Sólidos solubles totales (°Brix)	23,61 ± 0,59
Cenizas (%)	15,42 ± 0,06

x̄ ± DE: Media ± Desviación Estándar; realizado por triplicado (n=3)

*Expresado en gramos de ácido cítrico/100g de peso fresco.

En la tabla 11 se observa que, la HCPA presenta un porcentaje de humedad de 9,57 ± 0,15%; un pH de 5,31 ± 0,05; una acidez titulable de 1,41 ± 0,05%; sólidos solubles totales de 23,61 ± 0,59 °Brix y un valor de cenizas de 15,42 ± 0,06%.

Tabla 12. Color de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) según la escala de Cielab

Parámetro	Valores
	x̄ ± DE
L*	88,13 ± 0,90
a*	6,07 ± 0,04
b*	40,45 ± 0,02
C	40,90 ± 0,01
Ho	81,46 ± 0,05

x̄ ± DE: Media ± Desviación Estándar; realizado por triplicado (n=3)

En la tabla la tabla 12, se indican los parámetros colorimétricos de la HCPA. La luminosidad (L*) de 88,13 ± 0,9, representando el valor más alto entre los parámetros medidos. La tonalidad de color rojo-verde (a) es de 6,07 ± 0,04, y la tonalidad de color amarillo-azul (b*) es de 40,45 ± 0,02. El croma (C), que es una medida de la intensidad del color, es de 40,90 ± 0,01, y el matiz (Ho), que refleja el tono del color, es de 81,46 ± 0,05.

Tabla 13. Evaluación microbiológica en la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA)

Microorganismo	Resultado	Cumplimiento
Mohos y levaduras (ufc/g)	< 10	cumple
Aerobios mesófilos (ufc/g)	< 10	cumple
Salmonella	Ausencia/25g	cumple

Realizado por triplicado (n=3)

En la Tabla 13, el recuento de mohos y levaduras y de aerobios mesófilos en HCPA es <10 UFC/g, y no se detectó *Salmonella* en 25 g de muestra.

Tabla 14. Propiedades tecnológicas de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA)

Propiedades tecnológicas	Resultados (x̄ ± DE)
Dispersabilidad (%)	86,03 ± 0,13
Densidad a granel (g/mL)	0,59 ± 0,03
Densidad compacta (g/mL)	0,74 ± 0,02
Capacidad de absorción de agua (g/g)	12,63 ± 0,02
Capacidad de absorción de aceite (g/g)	2,02 ± 0,09
Capacidad de hinchamiento (mL/g)	6,01 ± 0,32
Capacidad emulsificante (%)	51,06 ± 1,45
Estabilidad de emulsión (%)	47,72 ± 0,08
Capacidad de formación de espuma (%)	8,37 ± 0,16

x̄ ± DE: Media ± Desviación Estándar (n=3)

En la Tabla 14 indica que, la HCPA presenta una dispersabilidad de 86,03 ± 0,13%, densidades a granel y compacta de 0,59 ± 0,03 g/mL y 0,74 ± 0,02 g/mL, respectivamente. La capacidad de absorción de agua y aceite es de 12,63 ± 0,02 g/g y 2,02 ± 0,09 g/g, respectivamente. La capacidad de hinchamiento es de 6,01 ± 0,32 mL/g, la capacidad emulsificante es de 51,06 ± 1,45%, la estabilidad de emulsión es de 47,72 ± 0,08%, y la capacidad de formación de espuma es de 8,37 ± 0,16%.

Tabla 15. Concentración mínima de gelificación (%) y temperatura de gelatinización (°C) de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA)

Concentración mínima de gelificación (%)	Resultado	Temperatura de gelificación (ºC)
1	No viscoso	---------
2	No viscoso	---------
3	No viscoso	---------
4	No viscoso	---------
5	No viscoso	---------
6	Viscoso	89,2 ± 0,56
> 6	Gel	

En la Tabla 15 se muestra que, la concentración mínima de gelificación (CMG) de la HCPA es de 6%, con una temperatura de gelatinización (TG) de 89,2 ± 0,56 °C.

Tabla 16. Contenido de fibra dietética de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA)

Fibra dietética	Resultado
Fibra dietética soluble (FDS) (%)	31,47 ± 1,89
Fibra dietética insoluble (FDI) (%)	36,50 ±1,37
Fibra dietética total (FDT) (%)	67,97 ± 0,51

Datos expresados como media ± Desviación Estándar (n=2)

En la Tabla 16 se observa que, el contenido de fibra dietética total en la HCPA es de 67,97 ± 0,51%. Esta cifra incluye fibra dietética soluble (FDS) con un valor de 31,47 ± 1,89% y fibra dietética insoluble (FDI) con un valor de 36,50 ± 1,37%. La relación entre FDI y FDS es de 1,16:1.

Tabla 17. Evaluación del contenido de polifenoles totales (CPT) en extracto hidroalcohólico de harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) a diferentes temperaturas

Muestra	Temperatura de extracción (ºC)	Polifenoles totales (mg EAG/ 100g) *
Extracto hidroalcohólico de HCPA	37	838,2364 ± 0,07[a]
Extracto hidroalcohólico de HCPA	75	864,1527 ± 0,04[b]

Datos expresados como media ± Desviación Estándar; (n=3); *EAG: Ácido gálico Los superíndices (a y b) en la columna indican diferencias significativas entre las fórmulas según la prueba estadística Tukey (p< 0,05)

En la Tabla 17 se observa que, el contenido de polifenoles totales (CPT) en los extractos hidroalcohólicos de HCPA es de 838,2364 ± 0,07 mg EAG/100 g a 37°C, y de 864,1527 ± 0,04 mg EAG/100 g a 75°C.

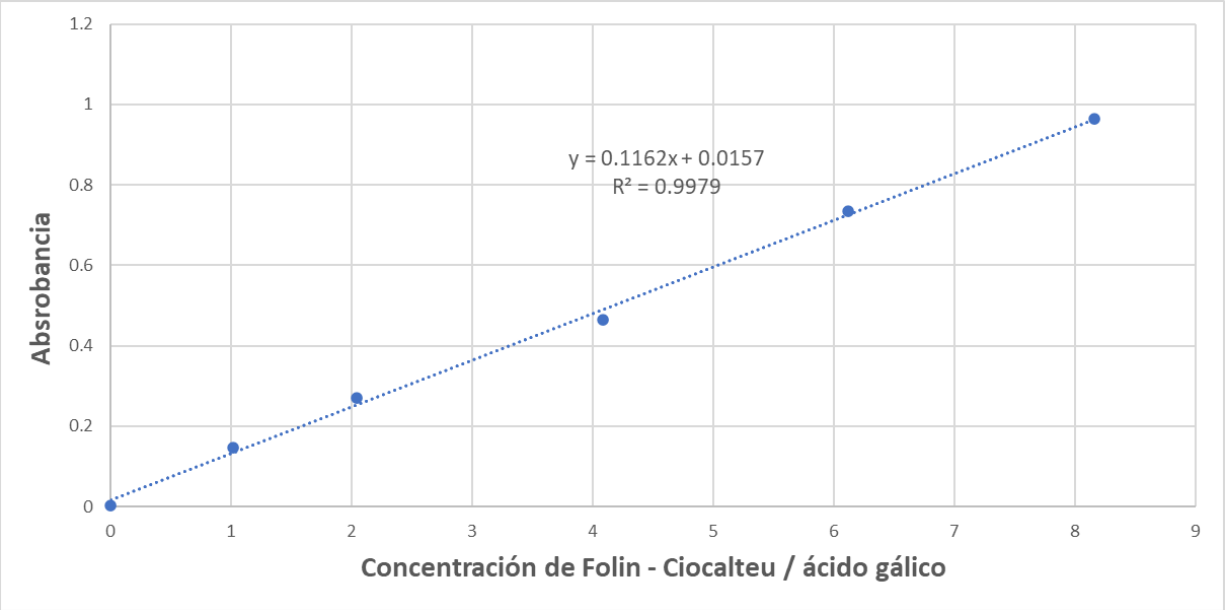


Figura 5. Curva estándar para la determinación de polifenoles

Tabla 18. Evaluación de la capacidad antioxidante por el método ABTS en el extracto de harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA)

Concentración del extracto de HCPA a 75ºC (mg/mL)	Absorbancia	% de Inhibición	IC 50 (mg/mL)	Capacidad antioxidante (umol ET/g)
0	0,5819	0	2,5050	157,3229 ± 0,37
0,314	0,5413	6,9661		
0,628	0,5147	11,549		
1,256	0,4267	26,6728		
2,512	0,2797	51,9363		
5,024	0,0083	98,5678		

Datos expresados como media ± Desviación Estándar; (n=3); *ET: Equivalente-Trolox.

En la Tabla 18 muestra que, el valor de IC_{50} determinado a partir de la curva de inhibición del método ABTS es de 2,5050 mg/mL. Además, los resultados indican que la capacidad antioxidante calculada mediante curvas de calibración utilizando Trolox como estándar es de 157,3229 ± 0,37 µmol ET/g.

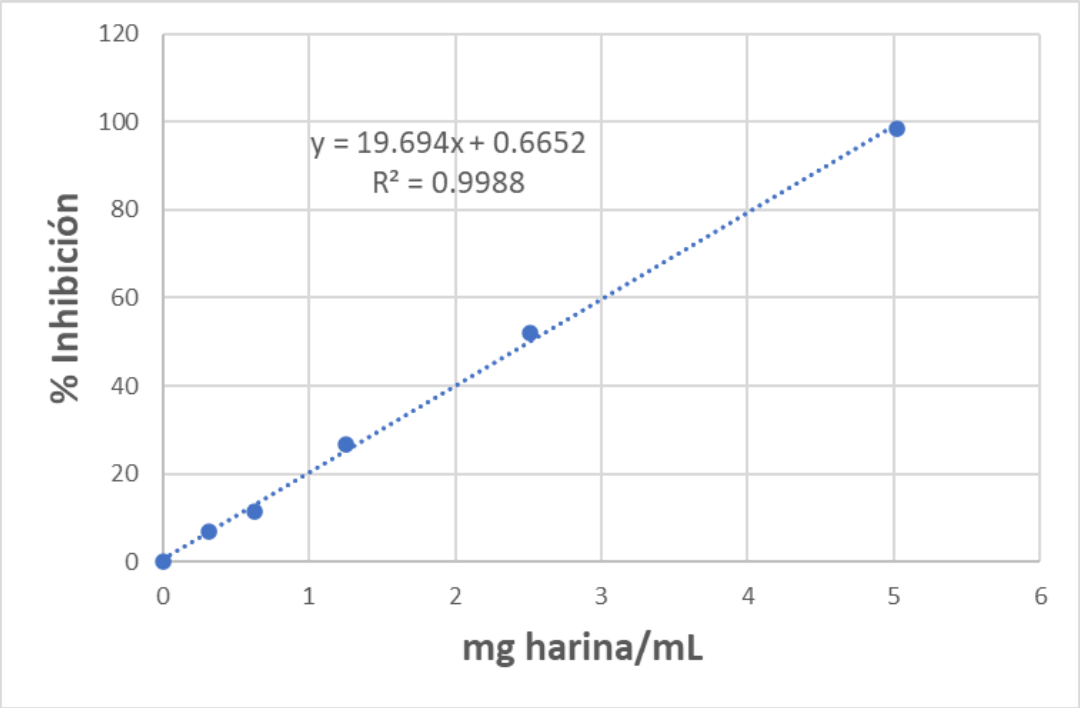


Figura 6. Curva del % de inhibición vs concentración del extracto para el método ABTS.

Tabla 19. Evaluación de la capacidad antioxidante por el método DPPH en el extracto de harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA)

Concentración del extracto de HCPA a 75ºC (mg/mL)	Absorbancia	% de Inhibición	IC 50 (mg/mL)	Capacidad antioxidante (umol ET/g)
0	0,5473	0	2,0592	110,5381 ± 0,41
0,628	0,5257	3,9586		
1,256	0,4987	8,8916		
2,512	0,4463	18,4531		
5,024	0,3403	37,8197		
6,7	0,237	56,6991		

Datos expresados como media ± Desviación Estándar; (n=3); *ET: Equivalente-Trolox

En la Tabla 19 se evidencia que, el valor de IC_{50} determinado a partir de la curva de inhibición del método DPPH es de 2,0592 mg/mL. Además, los resultados indican que la capacidad antioxidante calculada mediante curvas de calibración utilizando Trolox como estándar es de 110,5381 ± 0,41 µmol ET/g.

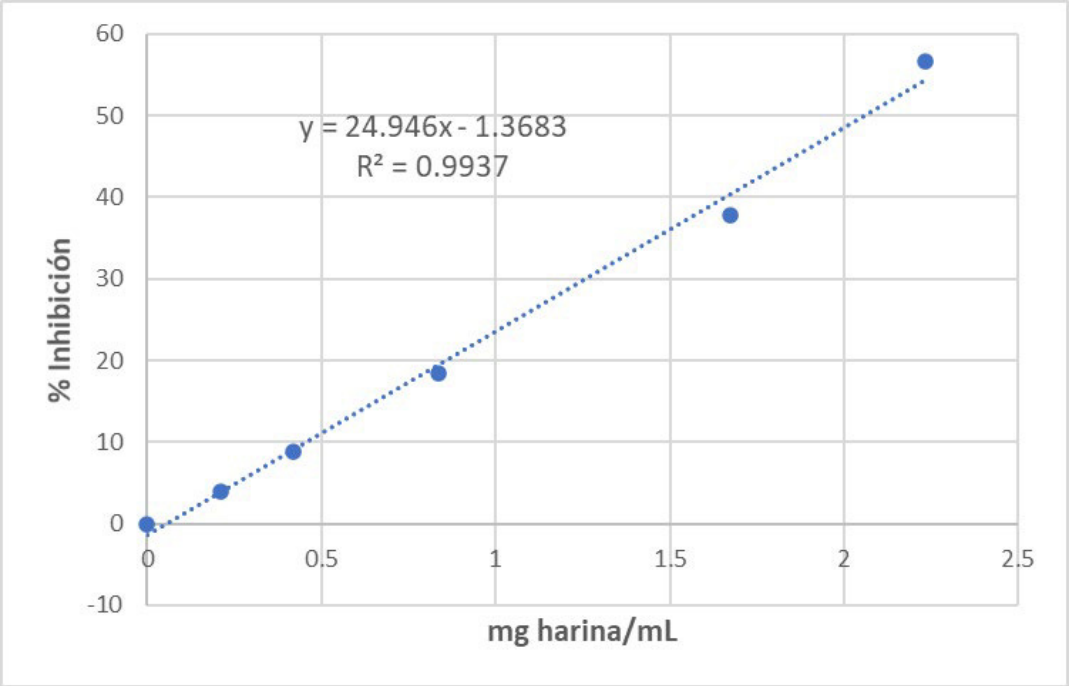


Figura 7. Curva del % de inhibición vs concentración del extracto para el método DPPH.

VI. DISCUSIÓN

Los frutos de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla" del distrito Churuja, provincia de Bongará, Perú, presentaron un peso promedio de 312,46 a 381,36 g, superior al registrado por Obregón et al.[62] y acorde con los datos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)[6]. Esta diferencia podría deberse al estado de madurez y a las condiciones climáticas de Amazonas en comparación con San Martín.

Inicialmente, la cáscara representó el 33,88 ± 1,94% del peso total del fruto, similar a los informes de Verona et al.[19] y del INIA[6]. El procesamiento, que incluyó la eliminación de mamilas, ápice y pedúnculos, redujo este porcentaje al 25,39 ± 2,06%. Este porcentaje de cáscara sugiere que el fruto estaba en fase de maduración, ya que el porcentaje de cáscara tiende a reducirse y el de pulpa aumenta con la maduración[19].

Los sólidos solubles totales (SST) en la pulpa fueron 18,5 ± 0,32 °Brix, superando a los 17,68 °Brix reportados por Mejía et al.[63], pero inferior a los 20,74 °Brix reportados por Sotomayor et al.[64]. Estas variaciones pueden deberse a diferencias en madurez, variedad, condiciones climáticas y manejo postcosecha[64]. La acidez titulable (AT) de la pulpa fue 0,11%, consistente con los valores reportados por Obregón et al.[62] y Mejía et al.[63] (0,10% y 0,11%, respectivamente). El índice de madurez (IM) fue de 170,24 ± 5,13, dentro del rango de 163 a 196 para los estados pintón y maduro según Yoplac[6]. El pH de la pulpa fue de 4,86, ligeramente superior a los 4,65 reportados por Obregón et al.[62], pero similar al 4,86 de Santos et al.[4].

En la cáscara, los SST fueron de 3,58 °Brix, ligeramente inferiores a los 3,87 °Brix reportados por Torres et al.[10]. El pH de la cáscara fue de 5,04, valor ligeramente superior a los 4,95 obtenidos por Morais et al.[14]. Asimismo, la humedad de la cáscara fue de 87,01%, menor que al 91,18% reportado por Morais et al.[14]. La acidez titulable (AT) fue de 0,08% consistente con los valores reportados por Torres et al.[10].

La obtención de harina de cáscara de pitahaya amarilla (HCPA) se llevó a cabo siguiendo la metodología previamente detallada por Rodas[7], Este valor se encuentra dentro del rango permitido por la norma técnica peruana NTP 205.064:2015[36]. Otros estudios emplean diferentes temperaturas y tiempos de secado, como 55°C por 11 horas según Salous et al.[65] o 55°C por 72 horas según

Morais et al.[14]. Investigaciones sobre harina de subproductos de frutas, como la de Wanderley et al.[66], sugieren que temperaturas extremas como 70°C, provocan pérdidas significativas, mientras que temperaturas más bajas como 50°C prolongan el tiempo de secado y aceleran la degradación. Por lo tanto, 60°C es considerado óptimo para preservar la calidad nutricional y los compuestos fenólicos[66]. La elección de 60°C por 42 horas fue crucial para eliminar eficientemente la humedad, manteniendo las propiedades nutricionales, organolépticas, tecnológicas y antioxidantes.

El rendimiento de la harina fue del 13,57%, ligeramente inferior al 14,32% reportado por Cacatian et al.[67] para la harina de cáscara de *Hylocereus spp.*, probablemente por pérdida durante el tamizado.

El análisis granulométrico de la HCPA indicó que el tamiz N° 100 retuvo el 31,12% de la harina, siendo este el mayor porcentaje, seguido por el tamiz N° 120 con el 21,59%, lo que sugiere partículas finas y buena fluidez. El Módulo de Finura (MF) fue de 2,08, situándose en el rango de 0-2 para harinas finas y de 2-4 para harinas medias[36], lo que indica una finura media y distribución adecuada de partículas, esencial para logra mezclas homogéneas y mejorar de la calidad de los productos finales, aumentando su aceptación por los consumidores[68].

La caracterización organoléptica mostró que la HCPA presenta un aspecto de polvo fino, color amarillo pálido que refleja el tono de la cáscara de la pitahaya amarilla. Además, tiene un aroma agradable y distintivo con notas frutales, un sabor ligeramente dulce y textura fina. Estos atributos sugieren que la harina puede mejorar la calidad y aceptación de productos alimenticios, ofreciendo perfiles sensoriales atractivos y evitando defectos comunes en otras harinas de subproductos frutales[69].

En el análisis de las características fisicoquímicas de la HCPA, se reveló un contenido de humedad del 9,57%, ligeramente menor que el 9,62% reportado por Morais et al.[14] para la harina de cáscara de *H. megalanthus*, pero superior al 6,73% hallado por Hotmaida et al.[70] en la harina de cáscara de *H. polyrhizus*. Estas variaciones pueden atribuirse a diferencias en las condiciones de secado; no obstante, el 9,57% asegura una sequedad adecuada para un almacenamiento prolongado. El pH de la HCPA fue de 5,31, valor mayor en comparación con los 4,73 reportado por Morais et al.[14]. Estas diferencias sugieren la influencia de

factores como las condiciones de cultivo y procesamiento. Un pH ligeramente ácido podría mejorar la estabilidad microbiológica y prolongar la vida útil de los productos[14,53]. La acidez titulable (AT) de la HCPA fue del 1,41%, superando el 0,98% reportado por Rodas[7] para la harina de cáscara de pitahaya roja. Esta diferencia puede deberse a la composición química específica de las variedades y las condiciones de madurez y cultivo. La acidez moderada podría conferir propiedades conservantes y mejorar el perfil antioxidante y la versatilidad culinaria. El contenido de sólidos solubles totales (SST) fue de 23,61 °Brix, muy similar a los 22,5 °Brix reportados por Morais et al.[14]. Esta concentración puede influir positivamente en el sabor y la calidad sensorial de los productos elaborados con esta harina. Las cenizas constituyen el 15,42% de la HCPA, valor inferior al 17,55% reportado por Utpott et al.[53] para *H. polyrhizus*, y también menor en comparación con los valores obtenidos por Morais et al.[14] (19,23%; 19,55%) para la harina de cáscara de *H. costaricensis e H. megalanthus*, respectivamente. Esta variabilidad indica diferencias en la composición mineral de las cáscaras entre las distintas especies de *Hylocereus*, lo que sugiere una presencia notable de minerales en la harina analizada, lo cual podría aportar al valor nutricional de los productos alimenticios elaborados con HCPA.

En relación a las propiedades cromáticas, la HCPA mostró los siguientes valores en el sistema CIELAB: Luminosidad (L) = 88,13, Tono verde-rojo (a*) = 6,07, Tono azul-amarillo (b*) = 40,45, Croma (C) = 40,90 y Matiz (Ho) = 81,46, mostrando diferencia con la harina de cáscara de *H. megalanthus* según Morais et al.[14] (L = 60,08, a* = 7,85, b* = 20,96). Esta diferencia en la HCPA puede deberse a variaciones en el secado (caramelización del azúcar en la cáscara), composición mineral y origen geográfico. Estas propiedades podrían mejorar la apariencia visual de los productos, favoreciendo su aceptación sensorial, un aspecto que futuras investigaciones deberán confirmar.

La evaluación microbiológica de la HCPA fue satisfactoria y cumplió con los estándares alimentarios[35,55]. La concentración de mohos, levaduras y aerobios mesófilos fue inferior a 10 UFC/g, asegurando la calidad y seguridad del producto. No se detectó *Salmonella sp*. en 25 g de muestras, cumpliendo con los estándares de la NTS 071-2008 mencionados en la R.M. N° 591-2008-MINSA. El proceso se

realizó en condiciones asépticas, con almacenamiento a 4°C para prevenir contaminaciones y preservar la calidad.

La evaluación de propiedades tecnológicas de la HCPA reveló valores significativos para su uso en la industria alimentaria. La dispersión fue del 86,03%, superior al 61% encontrado en la harina de cáscara de plátano según Alam et al.[71], lo que facilitaría su mezcla con otros ingredientes. La densidad a granel obtenida de 0,59 g/cm³, superó las registradas según Dias et al.[72] (0,29; 0,29; 0,37; 0,39 g/cm³) para las harinas de cáscara de palta, maracuyá amarilla, naranja y piña, respectivamente, indicando una mayor compactación y mejor capacidad de almacenamiento del producto[76]. Con este valor medio de densidad a granel, la HCPA ofrece facilidad de manejo, procesamiento y almacenamiento en la producción de alimentos. La capacidad de absorción de agua fue de 12,63 g/g, superando los 8,30 g/g de la capacidad de la harina de cáscara de pitahaya roja según Rodas[7], lo que mejora la frescura y textura en productos de panadería. Además, su capacidad de absorción de aceite fue de 2,02 g/g, más alta que los 1,24 g/g registrados para la harina de cáscara de pitahaya roja por Rodas[7], lo que destaca su potencial como espesante y emulsionante, mejorando la retención del sabor y rendimiento del producto[73]. La capacidad de hinchamiento de 6,01 mL/g, superando a los 4,36 mL/g hallada en la harina de cáscara de palta según Dias et al.[72], pero inferior a los 7,57, 8,98 y 16,94 hallados en las harinas de cáscara de piña, naranja y maracuyá amarilla respectivamente, también reportados por el mismo autor[72], y al valor de 8,10 obtenido por Rodas para la pitahaya roja[7]. Aun así, esta capacidad contribuye a la formación de una buena estructura en productos horneados y similares. Su capacidad de emulsión del 51,06% fue superior a las halladas por Dias et al.[72] (27,47; 28,0; 28,14; 36,26) en las harinas de cáscara de naranja, piña, maracuyá amarilla, palta, respectivamente y al 46,45% según Rodas[7] para la pitahaya roja, lo que indica su eficacia en la formación de emulsiones. La estabilidad de emulsión del 47,72% también superó a los valores mostrados por Dias et al.[76] (25,33, 28,0, 29,17 y 41,76%) en las harinas de cáscara de naranja, piña, maracuyá amarilla y palta, respectivamente. Aunque es menor al 53,68% obtenido por Rodas[7] en la de la harina de cáscara de pitahaya roja, sigue siendo efectiva para productos como salsas y aderezos. La HCPA mostró una concentración mínima de gelificación del 6%, en contraste con el 8% reportado por

Rodas[7] en la harina de cáscara de pitahaya roja, lo que la hace útil en la elaboración de geles firmes en salsas y pudines. La temperatura de gelatinización de 89,2°C asegura una estructura firme y estable en productos horneados. Por último, se observó una capacidad de formación de espuma del 8,37%, valor casi similar al 8,47% en la harina de cáscara de palta, pero inferior a los registrados por Dias et al.[76] (10,0, 16.67 y 22,67%) en las harinas de cáscara de maracuyá amarilla, naranja y piña, respectivamente. Esto sugiere que la HCPA es adecuada para aplicaciones que requieran espuma ligera o texturas específicas.

En cuanto a la evaluación funcional, se determinó que la HCPA contiene un 67,97% de fibra dietética, superior al 58,64% reportado para la harina de cáscara de pitahaya roja según Rodas[7] y ligeramente inferior al 69,06% registrado en la harina de cáscara de pitahaya amarilla según Morais et al.[14]. Este hallazgo sugiere que la HCPA es una fuente destacada de fibra dietética. Además, se evidencia que la HCPA no solo contribuye a la salud digestiva, sino que también puede tener un impacto positivo en el control de los niveles de colesterol, lo que respalda las conclusiones de Santos et al.[4] sobre la importancia de la fibra dietética en la regulación del colesterol. Además de que las fibras dietéticas son fundamentales para las propiedades de hidratación, solubilidad y viscosidad de los alimentos[42]. La HCPA también presentó un 36,50% de fibra dietética insoluble, valor cercano al 36,79% encontrado en la harina de cáscara de pitahaya amarilla según Morais et al.[14], pero inferior al 42,30% en la harina de cáscara de pitahaya roja según Rodas[7]. Los efectos fisiológicos asociados a la FDI comprenden su capacidad para incrementar el volumen de las heces y disminuir la velocidad del tránsito intestinal[42]. Adicionalmente, el contenido de fibra dietética soluble en la HCPA es del 31,47%, casi el doble del 16,34% en la harina de cáscara de pitahaya roja según Rodas[7], y superior al 24,18% en la harina de cáscara de pitahaya amarilla según Morais et al.[14] La fibra soluble es conocida por sus efectos positivos en la regulación de la glucosa en sangre y en la mejora de la saciedad, lo que podría ser particularmente beneficioso en el manejo del peso y en la prevención de la diabetes tipo 2[42].

También se evaluaron los polifenoles y la capacidad antioxidante de la HCPA, encontrándose un contenido de polifenoles de 864,15 mg EAG/100g, ligeramente superior a los 855,1338 ± 0,33 mg EAG/100g observado en la harina de cáscara de pitahaya roja observado en la harina de cáscara de pitahaya roja según Rodas[7].

Este hallazgo es crucial, ya que los polifenoles son compuestos bioactivos que contribuyen a la protección contra el estrés oxidativo, un factor clave en el desarrollo de enfermedades crónicas como las cardiovasculares y el cáncer[44]. Estudios también sugieren que el consumo de alimentos ricos en polifenoles está asociado con una disminución en la inflamación y un mejor funcionamiento del sistema inmunológico[46]. La capacidad antioxidante de la HCPA fue de 157,32 µmol ET/g pf y 110,54 µmol ET/g pf según los métodos ABTS y DPPH, respectivamente, superando los 125,0026 ± 1,87 µmol ET/g pf reportados por Rodas[7] en la harina de pitahaya roja utilizando el método ABTS, así los como 79,05±1,65 µmol ET/g pf obtenidos por Macedo et al.[17] en harina de *Passiflora edulis f.* flavicarpa mediante método DPPH. Estas diferencias en capacidad antioxidante pudieron deberse a diversos factores, incluyendo el tipo de cultivar, el estado de maduración, el proceso de producción de la harina y las condiciones empleadas para la extracción de los compuestos[17].

Estos resultados indican que la harina de HCPA es eficaz en la neutralización de radicales libres, protegiendo contra el estrés oxidativo, un proceso relacionado con el envejecimiento y diversas enfermedades crónicas, incluidas enfermedades cardíacas y ciertos tipos de cáncer, lo que sugiere su potencial para ser utilizada como un ingrediente funcional en la industria alimentaria[17]. La incorporación de HCPA en productos alimenticios no solo podría mejorar sus propiedades nutricionales, sino también contribuir a la estabilidad y conservación de los productos, dado su alto contenido en compuestos antioxidantes[11].

VII. CONCLUSIONES

- ✓ La harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla" (HCPA) es un polvo fino y homogéneo de color amarillo pálido, con un aroma frutal distintivo. Presenta 9,57% de humedad; pH de 5,31; acidez titulable del 1,41%; solubles totales fue de 23,61°Brix, mientras que el contenido de cenizas alcanza el 15,42%.

- ✓ En las propiedades tecnológicas de la HCPA presenta un 12,63% de capacidad de absorción de agua (CAA); 2,02% de capacidad de absorción de aceite (CAa); 6,01 mL/g de capacidad de hinchamiento (CH); 51,06% de capacidad emulsificante (CE); 47,72% de estabilidad de emulsión (EE); 8,37% de capacidad de formación de espuma (CFE); 6% de concentración mínima de gelificación (CMG) y 89,2°C de temperatura de gelatinización (TG).

- ✓ La HCPA contiene 67,97 ± 0,51 % de fibra dietética total (FDT); 31,47 ± 1,89 % de fibra dietética soluble (FDS) y 36,50 ±1,37 % de fibra dietética insoluble (FDI); Los compuestos fenólicos totales (CPT) varían entre 838,24 ± 0,07 y 864,15 ± 0,04 mg EAG/100g; la capacidad antioxidante total (CAT) es de 157,3229 µmol ET/g según el método ABTS y 110,5381 µmol ET/g de CAT según el método DPPH.

- ✓ La harina de cáscara de *Hylocereus megalanthus* es una fuente importante de fibra dietética y puede ser utilizada como suplemento de fibra y bioactivos en productos de panificación; asimismo, su poder gelificante le provee propiedades para la sustitución de grasa en la industria de embutidos

.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones nutricionales de la HCPA, como vitaminas, minerales y otros nutrientes relevantes.
- Realizar estudios de estabilidad y vida útil de la HCPA en diferentes condiciones de almacenamiento y procesamiento.
- Realizar estudios clínicos para evaluar los efectos de la incorporación de HCPA en la dieta, en términos de salud y nutrición.
- Evaluar de manera integral la concentración de anti nutrientes y metales pesados para asegurar la calidad y seguridad del producto.
- Evaluar el uso de la harina de cáscara de HCPA, como una fuente significativa de fibra dietética para su incorporación en la suplementación de productos de panificación.
- Investigar más detalladamente su capacidad gelificante para utilizarla como sustituto de grasa en la elaboración de productos cárnicos procesados, como los embutidos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Larrosa APQ, Otero DM. Flour made from fruit by-products: Characteristics, processing conditions, and applications. Vol. 45, Journal of Food Processing and Preservation. Blackwell Publishing Ltd; 2021.
2. Del Rio Osorio LL, Flórez-López E, Grande-Tovar CD. The potential of selected agri-food loss and waste to contribute to a circular economy: Applications in the food, cosmetic and pharmaceutical industries. Vol. 26, Molecules. MDPI AG; 2021
3. Bedoya-Perales NS, Dal' Magro GP. Quantification of food losses and waste in peru: A mass flow analysis along the food supply chain. Sustainability (Switzerland). 2021 Mar 1;13(5):1–15.
4. Santos D, Lopes da Silva JA, Pintado M. Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities. Vol. 154, LWT. Academic Press; 2022.
5. Ministerio de Desarrollo y Riego del Perú. Análisis de Mercado - Pitahaya 2015 - 2020 [Internet]. www.gob.pe. 2021 [citado el 5 de agosto de 2023]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2055424/Perfil%20de%20Mercado%20de%20la%20Pitahaya.pdf.pdf?v=1627931530
6. Yoplac IJ, Chávez Santos R, Santos Peláez JC. Manual de cosecha y poscosecha de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) [Internet]. repositorio.inia.gob.pe. Instituto Nacional de Innovación Agraria; 2021 [citado el 5 de agosto de 2023]. Disponible en: https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1420
7. Rodas M. Obtención y caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja" [Tesis de pregrado] Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2023.
8. Parafati L, Restuccia C, Palmeri R, Fallico B, Arena E. Characterization of prickly pear peel flour as a bioactive and functional ingredient in bread preparation. Foods. 2020 Sep 1;9(9).
9. Nurliyana Ruzlan, Kamarul Rahim Kamarudin, Syed, Aisyah Mohamed Rehan, Mustapha Suleiman Koya. Antioxidant study of pulps and peels of dragon fruits: a comparative study. international food research journal. 2010 Jan 1;17(2).
10. Torres Grisales Y, Melo Sabogal DV, Torres-Valenzuela LS, Serna-Jimé Nez JA, Sanín Villarreal A. Evaluation of bioactive compounds with functional interest from

yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus haw*). Rev Fac Nac Agron Medellin. 2017;70(3):8311–8.

11. Can-Cauich CA, Sauri-Duch E, Betancur-Ancona D, Chel-Guerrero L, González-Aguilar GA, Cuevas-Glory LF, et al. Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. Journal of Functional Foods. 2017 Oct;37:501–6.
12. Ibrahim FY, Aboulnaga EA, Youssif MRG, El-Gaafary MA. Effect of Substitution with Mango Peels and Seed Kernels as By-Products on the Quality of Pan Bread and Cake. Vol. 9, J. Food and Dairy Sci., Mansoura Univ. 2018.
13. Ordoñez E, Leon A, Rivera H, Vargas E. Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao L.*), tuna (*Opuntia ficus indica Mill*), uva (*Vitis Vinífera*) y uvilla (*Pourouma cecropiifolia*). Sci Agropecu. 2019;10(2):175–83.
14. Morais DCM, Alves VM, Asquieri ER, Souza ARM de, Damiani C. Physical, chemical, nutritional and antinutritional characterization of fresh peels of yellow pitaya (*Selenicereus megalanthus*) and red pitaya (*Hylocereus costaricensis*) and their flours. Revista Ciência Agronômica. 2021;52.
15. Amiza MA, Zamzahaila MZ, Nurnabila N. Physicochemical and sensory properties of bread incorporated with Melon Manis Terengganu (*Cucumis melo var Inodorus cv. Manis Terengganu 1*) peel powder. Food Res. 2022 Apr 1;6(2):444–56.
16. Atarama J. Desarrollo de panes con harina de cáscara de *Opuntia ficus-indica (L.)* Miller “tuna” morada procedente del distrito de Santiago de Tuna, Huarochirí-Lima [Tesis de pregrado] Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2022.
17. Macedo MCC, Correia VT da V, Silva VDM, Pereira DTV, Augusti R, Melo JOF, *et al*. Development and Characterization of Yellow Passion Fruit Peel Flour (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). Metabolites. 2023 May 25;13(6):684–4.
18. Shah K, Chen J, Chen J, Qin Y. Pitaya Nutrition, Biology, and Biotechnology: A Review. International Journal of Molecular Sciences. 2023 Sep 12;24(18):13986–6
19. Verona-Ruiz A, Urcia-Cerna J, Paucar-Menacho LM. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. Scientia Agropecuaria. 2020 Jul 1;11(3):439–53.

20. Ibrahim, S. R. M., Mohamed, G. A., Khedr, A. I. M., Zayed, M. F., & El- Kholy, A. A.-E. S. Genus *Hylocereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance-A review. J Food Biochem.2018,42(2).
21. Ostolaza Nano, C. (2014). Todos los cactus del Perú. Lima: Ministerio del Ambiente. Importancia, Usos y Cultivo, p. 118.
22. Sánchez J. Efecto de la fertilización y aplicación de fitohormonas de inducción floral en el rendimiento del cultivo de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), En el distrito Churuja, Amazonas – 2017. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas [Tesis de pregrado]; 2018.
23. Seran TH, Thiresh A. Root and Shoot Growth of Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*) Stem Cutting as Influenced by Indole Butytic Acid [Internet]. Vol. 1, Agricultural and Biological Sciences Journal. 2015 [citado el 5 de agosto de 2023]. Disponible en: http://www.publicscienceframework.org/journal/absjhttp://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/
24. Vigo A. Posibilidades de introducir el cultivo de pitaya en el distrito de Frías (Ayabaca-Piura). 2014 Jun 1;(26):129–42.
25. Jalgaonkar K, Mahawar MK, Bibwe B, Kannaujia P. Postharvest Profile, Processing and Waste Utilization of Dragon Fruit (*Hylocereus Spp.*): A Review. Food Reviews International. 2020 Apr 10;1–27.
26. Paull RE, Chen NJ. Overall dragon fruit production and global marketing [Internet]. FFTC Agricultural Policy Platform (FFTC-AP). 2019 [citado el 26 de septiembre de 2023]. Disponible en: https://ap.fftc.org.tw/article/1596
27. Lupuche EQ, Chávez Pérez JA, Medina-Pizzali ML, Loayza Gutiérrez L, Apumayta Suárez E, Lupuche EQ, et al. Chemical characterization, polyphenol content and antioxidant capacity of two pitahaya ecotypes (*Hylocereus spp.*). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín [Internet]. 2021 Dec 1;74(3):9723–34
28. Abirami K, Swain S, Baskaran V, Venkatesan K, Sakthivel K, Bommayasamy N. Distinguishing three Dragon fruit (*Hylocereus spp.*) species grown in Andaman and Nicobar Islands of India using morphological, biochemical and molecular traits. Scientific Reports [Internet]. 2021 Feb 3;11(1):2894. Available from: https://www.nature.com/articles/s41598-021-81682-x

29. Zhou Z, Gao H, Ming J, Ding Z, Lin X, Zhan R. Combined Transcriptome and Metabolome analysis of Pitaya fruit unveiled the mechanisms underlying Peel and pulp color formation. BMC Genomics. 2020 Oct 22;21(1).
30. Diaz YL, Torres LS, Serna JA, Sotelo LI. Efecto de la encapsulación en secado por atomización de biocomponentes de pitahaya amarilla con interés funcional. Informacion Tecnologica. 2017;28(6):23–34.
31. Instituto Nacional de la Amazonia Peruana. Guía técnica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en la región Amazonas [Internet]. Perú: INIA; 2020 [citado el 26 de agosto de 2023]. Serie de Informes Técnicos 841. Disponible en: https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1052?mode=simple
32. Chowdhury Assistant Professor R. Flour-The Integral Part of Balance Diet-Exploratory Study on Cereals Products. International Journal of Engineering and Management Research Page Number. 2018;(3):208–14.
33. Ashoka, Begum S, Kg V. Byproduct utilization of watermelon to develop watermelon rind flour based cookies. Pharma Innov. 2021 Feb 1;10(2):196–9.
34. Ovando-Martinez M, M López-Teros V, O Tortoledo-Ortiz, H Astiazarán-García, Ayala-Zavala JF, Villegas-Ochoa MA, et al. Effect of ripening on physico-chemical properties and bioactive compounds in papaya pulp, skin and seeds. Indian Journal of Natural Products and Resources. 2018 Jun 7;9(1):47–59.
35. NTS 071-2008.Criterios microbiológico de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano [Internet]. [citado el 26 de agosto de 2023]. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RM591MINSANORMA.pdf
36. INDECOPI. NTP 205.064:2015. - Trigo - Harina de Trigo para Consumo Humano. Requisitos.
37. Igual M, Martínez-Monzó J. Physicochemical Properties and Structure Changes of Food Products during Processing. Foods. 2022 Aug 7;11(15):2365.
38. Letícia Vieira Rezende, Wanessa Barros Paraizo, Santos, Katiúcia Alves Amorim, Alessandre G, Fernanda Salamoni Becker, et al. Study of the drying process of the purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas (L.)* Lam) in spouted bed. Food Science and Technology. 2024 Mar 28;44.

39. Doreen DA, Ibok NO, Charles T. Effect of flour types and flour concentrations on the physicochemical and sensory characteristics of an indigenous senescent plantain cake (ofam). African Journal of Food Science. 2021 Apr 30;15(5):190–202.
40. Chinaza A. Somtochukwub I.Chinelo E. The functional properties of foods and flour. Sciences, Technology and Engineering.2019; 5(11):139-160.
41. Ohizua ER, Adeola AA, Idowu MA, Sobukola OP, Afolabi TA, Ishola RO, et al. Nutrient composition, functional, and pasting properties of unripe cooking banana, pigeon pea, and sweetpotato flour blends. Food Sci Nutr. 2017 May 1;5(3):750–62.
42. Kacou MA, Elvis Ekissi GS, Ebbah Djedji BC, N'zué B, Kouamé PL. Assessment of Functional Properties Flours from Seven Local Varieties of Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) Consumed in Côte d'Ivoire. Int J Curr Microbiol Appl Sci. 2018 Oct 20;7(10):815–26.
43. Grochowicz J, Fabisiak A, Ekielski A. Importance of physical and functional properties of foods targeted to seniors. Journal of Future Foods. 2021 Dec;1(2):146–55.
44. Resende LM, Franca AS, Oliveira LS. Buriti (*Mauritia flexuosa L. f.*) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. Food Chemistry. 2019 Jan;270:53–60
45. AOAC.Fibras alimentarias totales. Vol. 1.12979.00, Supelco. 2020.
46. Munteanu IG, Apetrei C. Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. Vol. 22, International Journal of Molecular Sciences. MDPI AG; 2021.
47. Mrowicka M, Mrowicki J, Kucharska E, Majsterek I. Lutein and Zeaxanthin and Their Roles in Age-Related Macular Degeneration—Neurodegenerative Disease. Nutrients. 2022 Feb 16;14(4):827.
48. Ariani LN, Estiasih T, Sunarharum WB, Khatib A. Potential of moringa (*Moringa oleifera*) leaf powder for functional food ingredients: A review. Czech Journal of Food Sciences. 2023 Feb 9;
49. Godswill C, Somtochukwu V, Kate C. The functional properties of foods and flours. Vol. 5, International Journal of Advanced Academic Research | Sciences. 2019.
50. Li B, George EW, Rognon GT, Gorusupudi A, Ranganathan A, Chang FY, et al. Imaging lutein and zeaxanthin in the human retina with confocal resonance Raman microscopy. Proceedings of the National Academy of Sciences [Internet]. 2020 Jun

2 [citado 23 de septiembre de 2023];117(22):12352–8. Disponible en: https://www.pnas.org/content/117/22/12352.long

51. Carhuamaca A. Evaluación del efecto de sustitución de la harina de cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la elaboración de panes [Tesis de pregrado] Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2013.
52. AOAC International. Official Methods of Analysis, 21st Edition. AOAC International. 2019.
53. Utpott M, Ramos R, Galarza C, Nunes AR, Tischer B, Rios A, et al. Characterization and application of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel powder as a fat replacer in ice cream. J Food Process and Preserv. 2020 May 1;44(5).
54. Obenland D, Cantwell M, Lobo R, Collin S, Sievert J, Arpaia ML. Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus spp.*). Scientia Horticulturae. 2016 Feb;199:15–22.
55. ICMSF. Microorganismos en Alimentos I. Su significado y sus métodos de enumeración. 2da ed. ACRIBIA S., editor. España; 2000.
56. Rosidi NAS, Abdul Ghani @ Yaacob A, Yusof N, Yusof N. Effect of Blanching and Drying Temperatures on Physicochemical Properties of Red Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Peel Powder. J Agrobiotechnol. 2021 Sep 29;12(1S):62–73.
57. Chumroenvidhayakul S, Thilavech T, Abeywardena M, Adisakwattana S. Investigating the Impact of Dragon Fruit Peel Waste on Starch Digestibility, Pasting, and Thermal Properties of Flours Used in Asia. Foods. 2022 Jul 1;11(14).
58. Arroyo Arboleda MA, Rendón Benjumea AE, Martínez Giron MI, Serna Cock L. Capacidad emulsificante y estabilidad de emulsiones de harinas de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) bajo diferentes condiciones de pH y fueza iónica. Acta Agronómica. 2022 Aug 10;70(4).
59. Chandra S, Singh S, Kumari D. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. J Food Sci Technol. 2015 Jun 29;52(6):3681–8.
60. Monter-Arciniega A, Hernández-Falcón TA, Cruz-Cansino N del S, Ramírez-Moreno E, Alanís-García E, Arias-Rico J, et al. Functional Properties, Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Purple Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) Waste:

Comparison with Commercial Fibers. Waste Biomass Valorization. 2019 Oct 1;10(10):2897–906.

61. Bibi N, Shah MH, Khan N, Al-Hashimi A, Elshikh MS, Iqbal A, et al. Variations in Total Phenolic, Total Flavonoid Contents, and Free Radicals' Scavenging Potential of Onion Varieties Planted under Diverse Environmental Conditions. Plants. 2022 Apr 1;11(7).
62. Obregón-La Rosa AJ, Augusto-Elías-Peñafiel CC, Contreras-López E, Arias-Arroyo GC, Bracamonte-Romero M. Características fisicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutas nativas. Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research. 2021 Jan 15;23(1):17–25.
63. Mejia N, Castro J, Ocampo Y, Salas RD, Delporte C, Franco L. Evaluation of antioxidant potential and total phenolic content of exotic fruits grown in Colombia. J Appl Pharm Sci. 2020 Sep 1;10(9):50–8.
64. Sotomayor Correa A, Pitizaca S, Sánchez M, Burbano A, Díaz A, Nicolalde J, et al. Evaluación fisicoquímica de fruta de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) en diferentes estados de desarrollo. Enfoque UTE. 2019 Mar 29;10(1):89–96.
65. Salous A El, Ordoñez-Araque R, Zuñiga-Moreno L, Marco H, Melendez JR, Ecuador A, *et al*. Sensory and Physicochemical Characteristics of Cookies Made of Yellow Pitaya (*Selenicereus megalanthus*) Peel Flour. Vol. 12, 4179| International Journal of Pharmaceutical Research. 2020;12(4):4179.
66. Wanderley R de OS, Figueirêdo RMF de, Queiroz AJ de M, Santos FS dos, Silva AP de F, Paiva YF, et al. Effect of drying temperature on antioxidant activity, phenolic compound profile and hygroscopic behavior of pomegranate peel and seed flours. LWT. 2023 Nov 1;189.
67. Cacatian SB, John L. Production, Proximate Analysis and Functional Properties of Dragon Fruit Peel Powder. IAMURE International Journal of Ecology and Conservation. 2018 Jan 1;25(1):1–1.
68. Salazar D, Arancibia M, Lalaleo D, Rodríguez-Maecker R, López-Caballero ME, Montero MP. Physico-chemical properties and filmogenic aptitude for edible packaging of Ecuadorian discard green banana flours (*Musa acuminanta AAA*). Food Hydrocoll. 2021 Jan 1;122.

69. Mai THA, Tran TTT, Le VVM. Use of pitaya peel powder for partial replacement of wheat flour in cookie making: Effects of particle size of pitaya peel powder on the product quality. Journal of Food Processing and Preservation. 2021 Dec 16;46(1).
70. Hotmaida Y, Sutrisno. Non-destructive determination of the main chemical components of red dragon fruit peel flour by using Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020 Jul 1;542(1):012007.
71. Alam MdJ, Akter S, Afroze S, Islam MdT, Sayeem EH. Development of fiber and mineral enriched cookies by utilization of banana and banana peel flour. Journal of microbiology, biotechnology and food sciences. 2020 Dec 1;10(3):329–34.
72. Dias PGI, Sajiwanie JWA, Rathnayaka RMUSK. Chemical Composition, Physicochemical and Technological Properties of Selected Fruit Peels as a Potential Food Source. International Journal of Fruit Science. 2020;20(S2):S240–51.
73. Emojorho EE, Akubor PI. Effect of Debittering Methods on the Minerals, and Phytochemical Properties of Orange (*Citrus Sinensis*) Seeds Flour. IOSR J Environ Sci Toxicol Food Technol. 2016 Sep;10(09):134–9.

X. ANEXOS (*)

Anexo 1. Certificado de identificación botánica de pitahaya amarilla

JOSÉ R. CAMPOS DE LA CRUZ
CONSULTOR BOTÁNICO
C. B. P. 3796
Cel: 940541762
Email: jocamde@gmail.com

CERTIFICACION DE IDENTIFICACION BOTANICA

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ. BIÓLOGO COLEGIADO. CBP 3796 – INSCRITO EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIONES DE IDENTIFICACION TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA – RESOLUCIÓN DIRECTORAL N.º 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

CERTIFICA:

Que, el Bachiller QUEREVALÚ MUÑANTE OSCAR DANIEL, tesista de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, ha solicitado la identificación y certificación botánica de los frutos de pitahaya amarilla, la muestra ha sido estudiada y determinada con el nombre científico de ***Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer.** Según la base de datos de W^{3}Tropicos del Missouri Botanical Garden que sigue el sistema moderno de clasificación de las angiospermas (APG), publicado en 1998 por el Grupo para la Filogenia de las Angiospermas; el sistema APG evita el uso de la nomenclatura taxonómica clásica por arriba de orden. Mark W. Chase & J. L. Reveal (2009 en APG III) consideran a todas las plantas verdes en la Clase Equisetopsida. Teniendo en cuenta los datos de la base de W^{3}Tropicos, APG III y APG IV, la especie identificada está en las siguientes categorías taxonómicas y clados:

Reino: Plantae
División: Angiospermae
Clase: Equisetopsida
Subclase: Magnoliidae
Superorden: Caryophyllanae
Orden: Caryophyllales
Familia: Cactaceae
Género: *Hylocereus*
Especie: *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer

Nombre vulgar: "Pitahaya amarilla"

Se expide la presente certificación botánica para fines de investigación.

Lima, 06 de diciembre del 2022

José R. Campos De La Cruz
BIOLOGO
C.B.P. 3796

Jr. Sánchez Silva 156 – Piso 2–Urb. Santa Luzmila –Lima 07 -Lima

Anexo 2. Recolección y transporte de la muestra al laboratorio.

2a. Recolección



Figura 8. Recolección de la Pitahaya amarilla de la cosecha en el Distrito de Churuja.

2.b. Recepción de la pitahaya amarilla



Figura 9. Recepción de la pitahaya amarilla cosecha en el Distrito de Churuja

Anexo 3. Selección de los frutos y obtención de las cáscaras

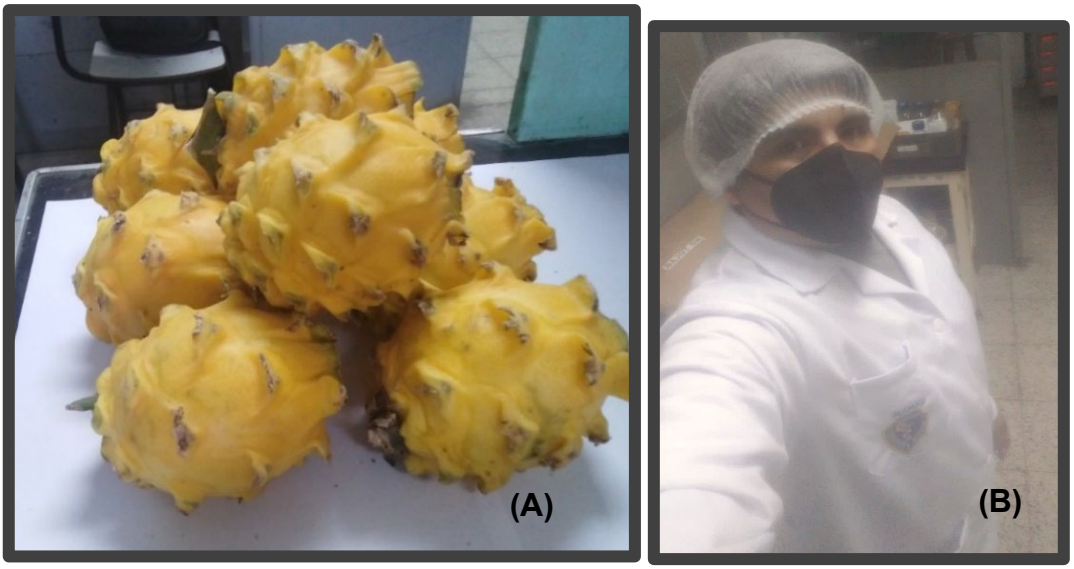


Figura 10. Frutos seleccionados de pitahaya amarilla para los ensayos físicos**.** (A) Frutos seleccionadas para los ensayos físicos de medición de longitud, masa y volumen. (B) Operador

Anexo 4. Evaluación de la cáscara de *Hylocereus megalanthus* "pitahaya amarilla"



Figura 11. Pruebas fisicoquímicas en las cáscaras de pitahayas amarillas (A) y (B) Preparación de pitahayas para pruebas fisicoquímicas en las cáscaras. (C) Pelado

y picado de cáscara. (D) Prueba de humedad. (E) y (F) prueba de pH y acidez titulable

Anexo 5. Secado de las cáscaras



Figura 12. Secado y pesaje de cáscara de pitahaya amarilla. (A) y (B) Cáscaras trozadas colocadas en fuentes. (C) temperatura del horno a 60ºC. (D) y (E) Cáscara de pitahayas colocadas en bolsas con cierre hermético. (F) y (G) Pesaje de cáscaras secas en bolsas con cierre hermético.

Anexo 6. Molienda de las cáscaras y tamizado de cáscaras secas

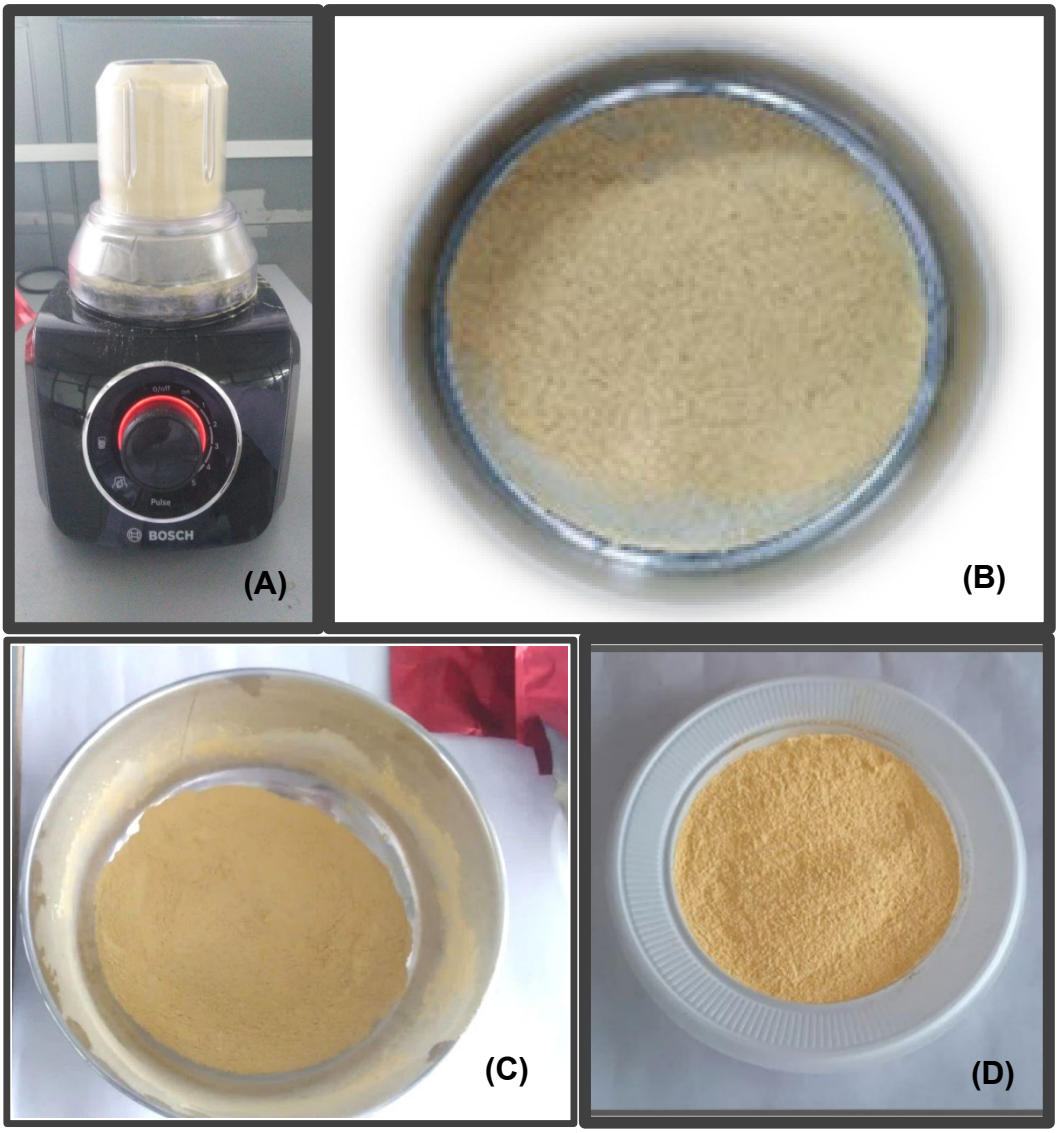


Figura 13. Molienda y tamizado de cáscaras secas. (A) Molienda cáscaras secas. (B) y (C) Tamizado post molienda. (D) Obtención de la HCPA.

Obtención de la harina de cáscara de pitahaya amarilla y almacenado

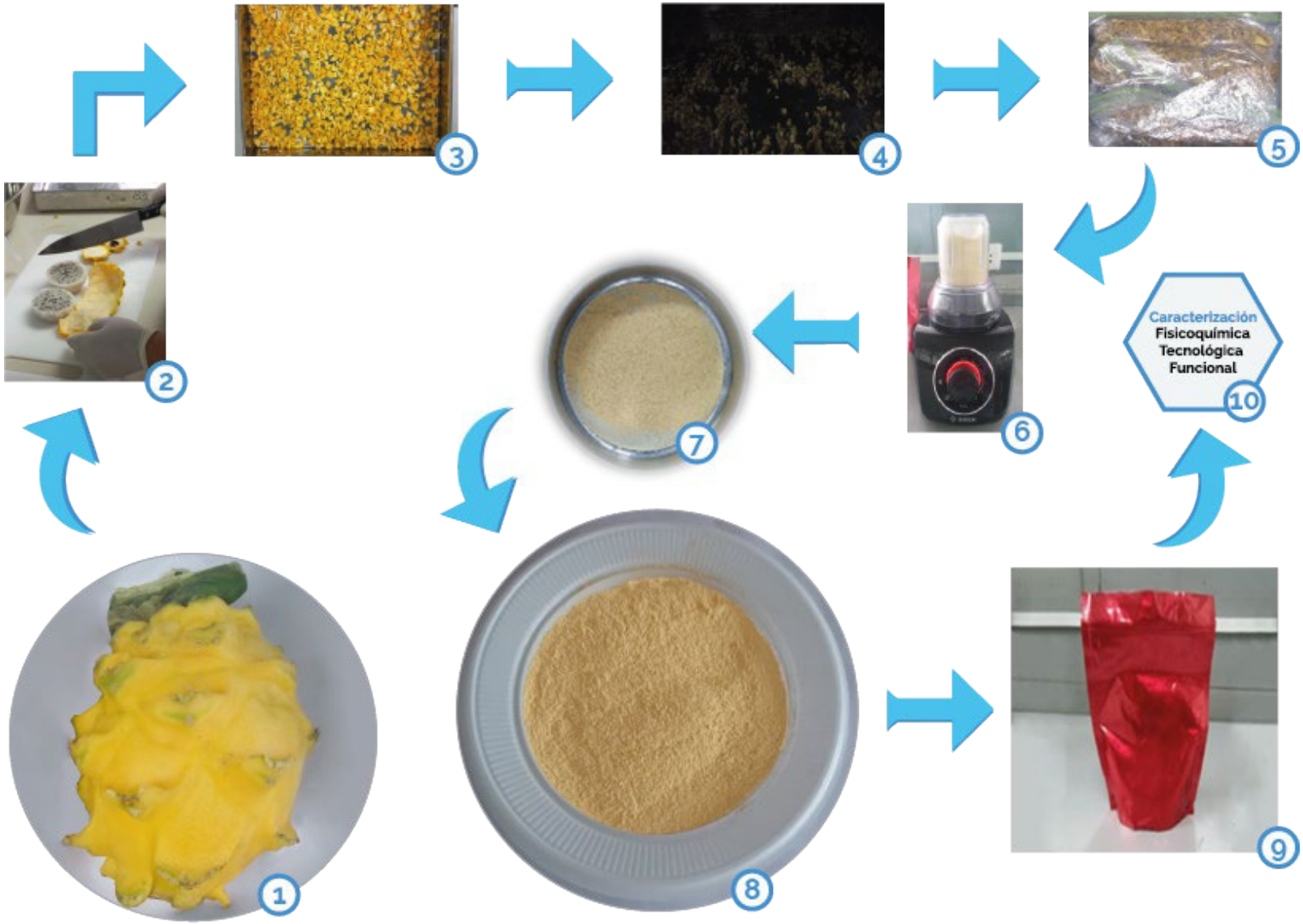


Figura 14. Proceso de obtención de la harina de cáscara de pitahaya amarilla para su caracterización. **Fuente:** Propia.

Anexo 7. Evaluaciones fisicoquímicas en la HCPA

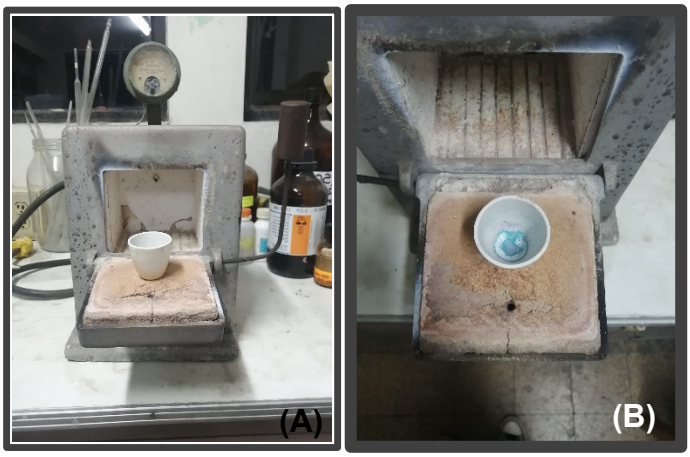


Figura 15. Evaluación fisicoquímica de contenidos de cenizas en la HCPA. (A) y (B) Determinación de cenizas de la HCPA.

Anexo 8. Evaluaciones tecnológicas

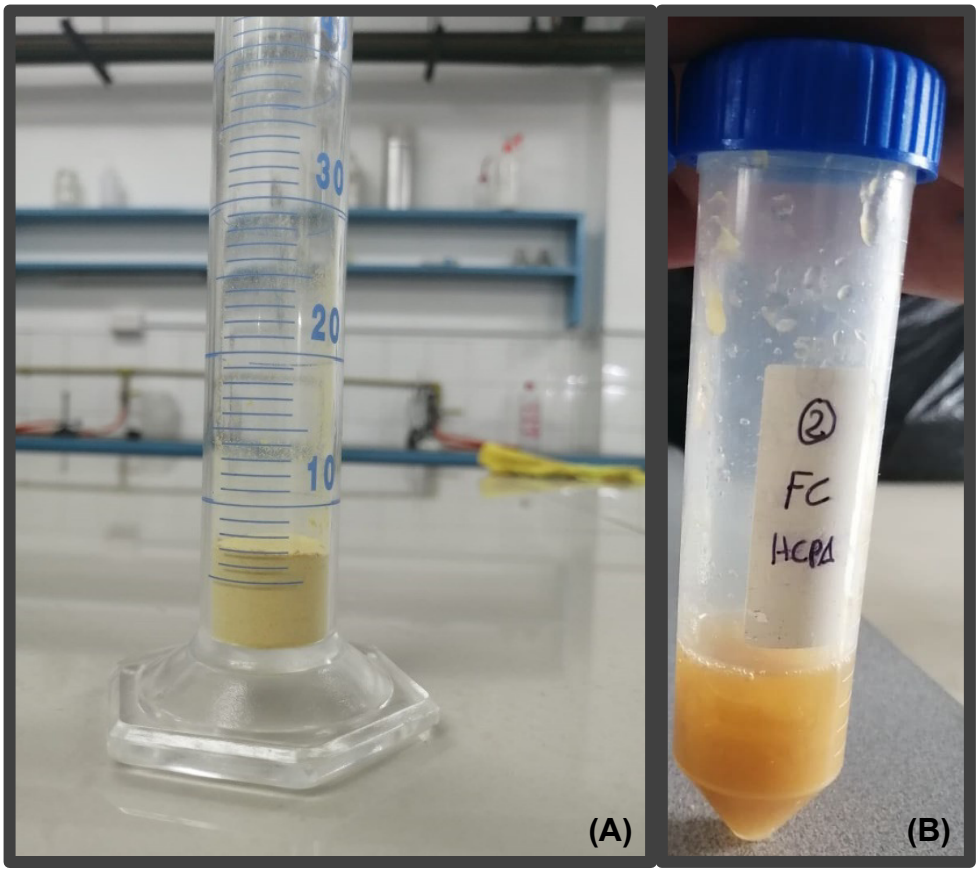


Figura 16. Medición de la densidad a granel y de la capacidad formadora de espuma. (A) Medición de la densidad a granel. (B) Medición de la capacidad formadora de espuma.

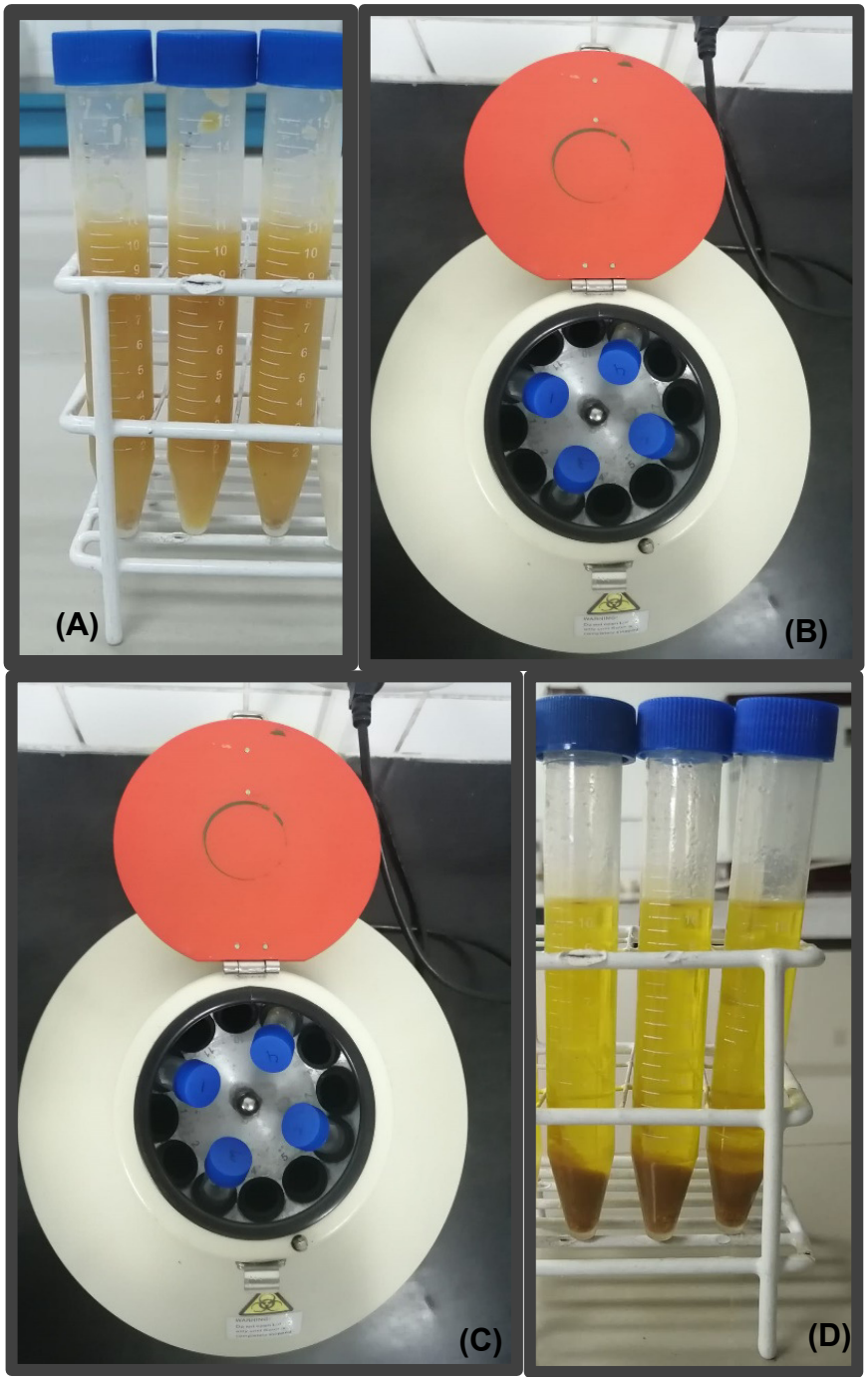


Figura 17. Capacidad de absorción de agua y aceite en la HCPA. A) y (D) Medición de la capacidad de absorción de agua y aceite respectivamente. (B) y (C) centrifugación de las muestras.

Anexo 9. Evaluaciones funcionales



Figura 18. Incubación de muestra y blanco en medición de fibras**.** (A) Muestras de HCPA y colocadas en baño maría para la incubación. (B) recipientes de las 2 muestras con HCPA y 2 de blanco**.**

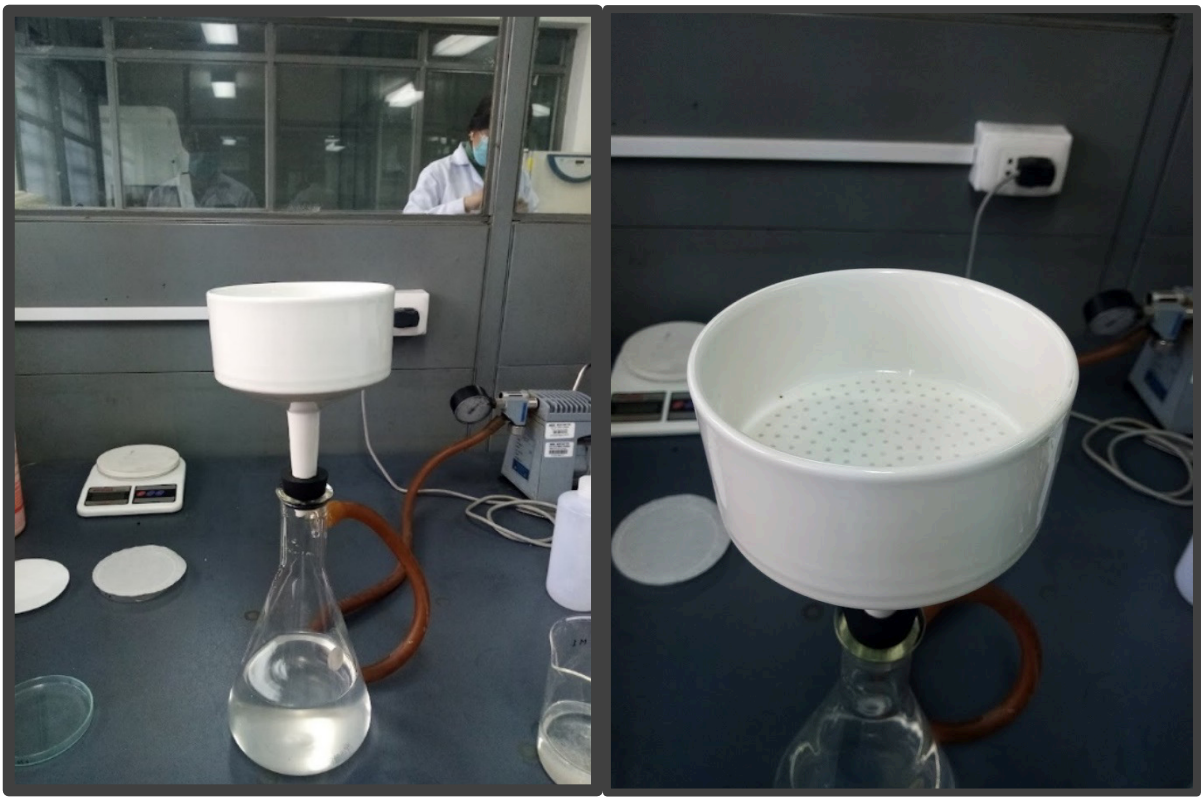


Figura 19. Fibras dietarías extraídas. FDI y FDS

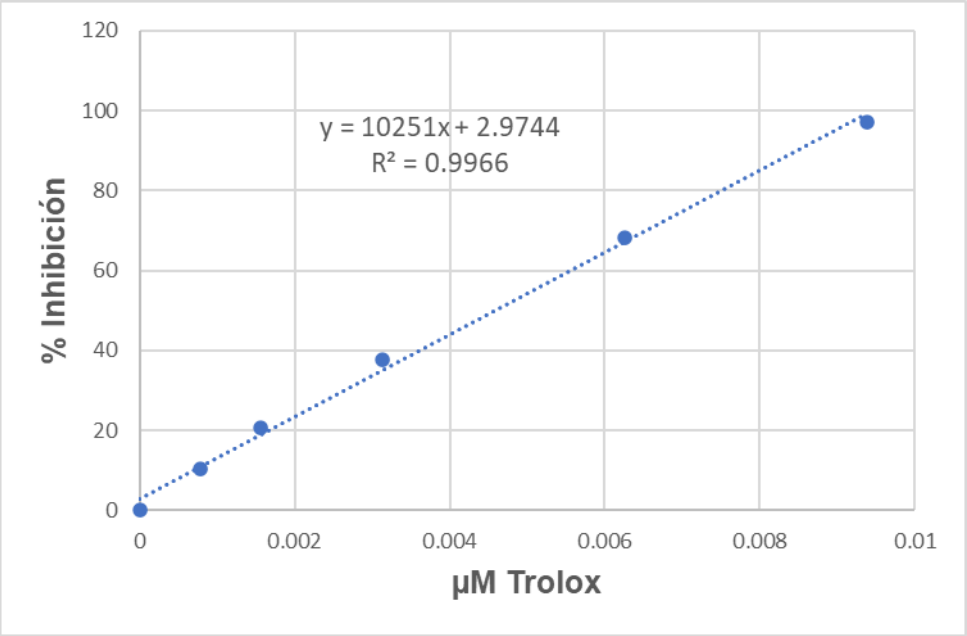


Figura 20. Curva de calibración por ABTS**:** concentración de trolox (µM) vs % de inhibición. El valor de $\mathbf{R^2}$=0.9966 cercano a 1 indica una alta correlación.

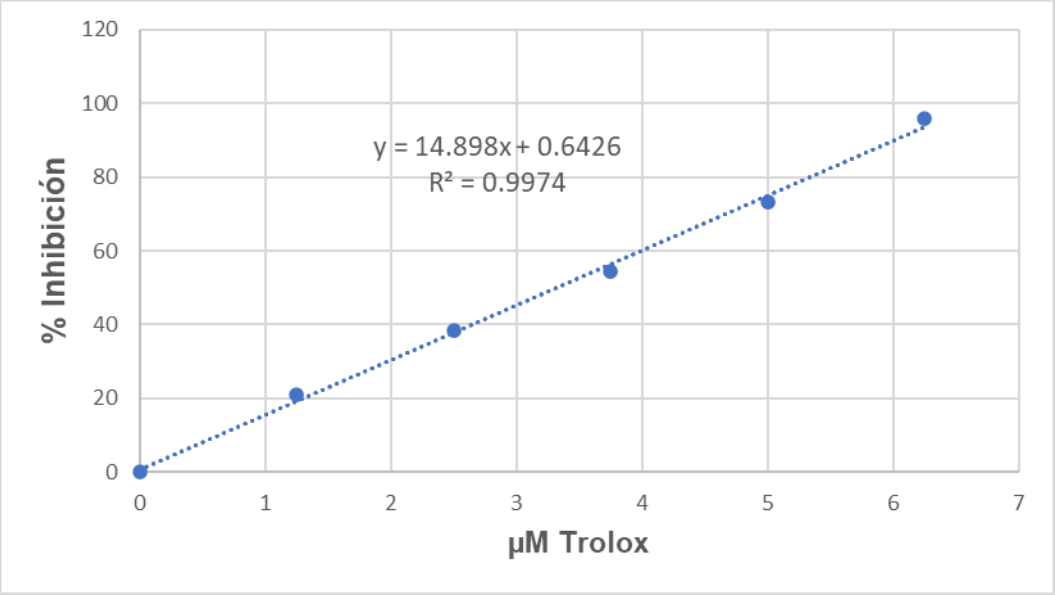


Figura 21. Curva de calibración por DPPH**:** concentración de trolox (µM) vs % de inhibición. El valor de $\mathbf{R^2}$=0.9974 cercano a 1 indica una alta correlación.