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

Obtención y caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutica

AUTOR

Milagros Angélica RODAS HUAMÁN

ASESORES

Mg. Nelson BAUTISTA CRUZ

Mg. Robert Dante ALMONACID ROMÁN (Coasesor)

Lima, Perú

2023



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

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, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2023.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Milagros Angélica Rodas Huamán
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72726551
URL de ORCID	No aplica
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	Américo Jorge Castro Luna
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25455526
Miembro del jurado 1	

Nombres y apellidos	Julio Reynaldo Ruiz Quiroz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07760326
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Luz Rocio Alguiar Bernaola
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09578116
Datos de investigación	
Línea de investigación	Ingeniería y tecnología Alimentaria. 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.º 05557-2022-R/UNMSM con código de proyecto PCONFIGI: A22040211
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Facultad de Farmacia y Bioquímica, Laboratorio de Microbiología 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	2022 - 2023
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:

Obtención y caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

Que presenta la Bachiller en Farmacia y Bioquímica:

MILAGROS ANGÉLICA RODAS HUAMÁN

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:

18 (DIECIOCHO) MENCIÓN HONROSA

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, 16 de noviembre de 2023.

Dr. Américo Jorge Castro Luna
Presidente

Dr. Julio Reynaldo Ruiz Quiroz
Miembro

Mg. Luz Rocio Aguilar Bernaola
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°000669-2022-D-FFB/UNMSM de la tesis/, cuyo título es: **Obtención y caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"**, presentado por la bachiller **Milagros Angélica Rodas Huamán**, 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 17 % 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.

Jardín Botánico, 9 de noviembre de 2023





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

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mis padres que siempre se encuentran presente en cada etapa de mi vida, agradezco por todas sus enseñanzas, valores y motivarme a poder dar lo mejor de mí. También a mi hermano que siempre está orgulloso de mí y me alienta a seguir obteniendo conocimientos. Por último, a mis mascotas que son parte de mi familia, me dan su cariño y me hacen ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Angélica y Roger, porque siempre creyeron en mí y me brindaron todo su apoyo incondicional durante mi etapa universitaria.

A mi querida Universidad Nacional Mayor de San Marcos y a la Facultad de Farmacia y Bioquímica por brindarme la educación para lograr ser una profesional.

A mis asesores Mg. Nelson Bautista Cruz y Mg. Almonacid Román Robert Dante, por brindarme su tiempo y dedicación en la realización de esta investigación.

A los profesores Mg. Ángela Díaz García y Mg. Paul Gutiérrez Elescano por su ayuda con la parte experimental.

A todos los profesores, compañeros y amigos que conocí en la universidad.

A todas las personas que estuvieron presentes e hicieron posible la culminación de esta investigación.

Esta tesis fue financiada por:

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. RR N.º 05557-2022-R/UNMSM con código de proyecto PCONFIGI: A22040211

ÍNDICE

Pág.

RESUMEN x
ABSTRACT xi
I. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Planteamiento del problema: 1
1.2 Objetivos…… 2
1.2.1 Objetivo general 2
1.2.2 Objetivos específicos 2
1.3 Importancia y alcance de la investigación 3
1.4 Limitaciones de la investigación 4
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA 4
2.1 Antecedentes 4
2.2 Bases teóricas 7
2.2.1 Género *Hylocereus* 7
2.2.2 Especies de *Hylocereus* 7
2.2.3 *Hylocereus monacanthus* 7
2.2.4 Cáscara de *Hylocereus* 10
2.2.4 Harina 11
2.2.5 Propiedades funcionales de los alimentos 13
2.4 Glosario de términos 16
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES 17
IV. MATERIALES Y MÉTODOS 18
4.1 Área de estudio 18
4.2 Diseño de investigación 18
4.3 Población y muestra 18
4.4 Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información 18
4.4.1 Obtención de harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja" 18
4.4.2 Caracterización de la harina de cáscara *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja " 21
4.4.3 Evaluación tecnológica de harinas de cáscaras de *Hylocereus monacanthus "*pitahaya roja" 23
4.4.4 Caracterización funcional de harinas de cáscaras de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja" 25

4.5 Análisis estadístico 28
V.RESULTADOS 29
5.1 Obtención y caracterización de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja" 29
VI. DISCUSIÓN 40
VII. CONCLUSIONES 48
VIII. RECOMENDACIONES 49
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 50
X. ANEXOS 58

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Rendimiento de la cáscara de pitahaya roja 29

Tabla 2. Características organolépticas de la cáscara y pulpa de pitahaya roja……..... 29

Tabla 3. Características fisicoquímicas de la pulpa y cáscara de pitahaya roja……..... 30

Tabla 4. Rendimiento de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR). 31

Tabla 5. Características organolépticas de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR) 31

Tabla 6. Evaluación granulométrica de cáscara de pitahaya roja (HCPR)…….. 32

Tabla 7. Características fisicoquímicas de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR) 32

Tabla 8. Análisis de color de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)……..... 33

Tabla 9. Caracterización microbiológica de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR) 33

Tabla 10. Características tecnológicas de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)……..... 34

Tabla 11. Concentración mínima de gelificación (CMG) de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR) 34

Tabla 12. Contenido de fibra dietética de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)…… 35

Tabla 13. Contenido de compuestos fenólicos de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR) 35

Tabla 14. Determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR) 36

Tabla 15. Porcentaje de inhibición a diferentes concentraciones de los extractos acuosos de HCPR a 37°C y 75°C 37

Tabla 16. Porcentaje de inhibición a diferentes concentraciones de los extractos hidroalcohólico de HCPR a 37°C y 75°C 38

Tabla 17. Determinación de la capacidad antioxidante por el método ORAC-PGR…… 39

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Fruto de *Hylocereus monacanthus*..... 9

Figura 2. Harina obtenida de la cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"……..... 30

Figura 3. Curva de calibración por ABTS muestra la concentración de trolox (uM trolox) vs % de inhibición……. 37

Figura 4. Recepción de los frutos de pitahaya roja..... 60

Figura 5. Caracterización fisicoquímica de la cáscara de pitahaya roja.. 60

Figura 6. Obtención de la harina de cáscara de pitahaya roja..... 61

Figura 7. Caracterización fisicoquímica de la harina de pitahaya roja… 61

Figura 8. Capacidad de absorción de agua de la harina de cáscara de pitahaya roja……..... 61

Figura 9. Capacidad de absorción de aceite de la harina de cáscara de pitahaya roja..... 61

Figura 10. Capacidad de emulsión de la harina de cáscara de pitahaya roja……..61

Figura 11. Estabilidad de emulsión de la harina de cáscara de pitahaya roja…….. 61

Figura 12. Capacidad mínima de gelificación de la harina de cáscara de pitahaya roja…….. 61

Figura 13. Determinación del contenido de fibra dietética de la harina de cáscara de pitahaya roja..... 61

Figura 14. Determinación del contenido total de polifenoles y la capacidad antioxidante de la harina de cáscara de pitahaya roja. 61

Figura 15. Gráfica del % de inhibición vs concentración de extracto acuoso a 37°C……..... 61

Figura 16. Gráfica del % de inhibición vs concentración de extracto acuoso a 75°C……..... 61

Figura 17. Gráfica del % de inhibición vs concentración de extracto hidroalcoholico a 37°C 61

Figura 18. Gráfica del % de inhibición vs concentración del extracto hidoalcohólico a 75°C..... 61

ABREVIATURAS

HCPR: harina de cáscara de pitahaya roja

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

AACC: American Association for Clinical Chemistry

PT: polifenoles totales

FDT: fibra dietética total

FDI: fibra dietética insoluble

FDS: fibra dietética soluble

ABTS: (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))

ORAC: oxegen Radical Absorbance Capacity

EAG: equivalente ácido gálico

ET: equivalente trolox

CAA: capacidad de absorción de agua

CH: capacidad de hinchamiento

CAa: capacidad de absorción de aceite

CE: capacidad emulsificante

EE: estabilidad de la emulsión

PGR: pyrogallol red

IC50: half maximal inhibitory concentration

EGA: equivalente ácido gálico

RESUMEN

Los residuos agroindustriales son fuentes importantes de fibra dietética y antioxidantes que pueden ser aprovechados como ingredientes alimentarios. El presente trabajo tuvo como objetivo obtener y realizar la caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja". La harina fue obtenida a partir de cáscara seca por molturación en molino de cuchillas y tamizada con malla N° 20. En la caracterización fisicoquímica se evaluaron el pH, humedad, actividad de agua, acidez titulable (AT), cenizas y sólidos solubles totales (SST) utilizando los métodos de AOAC; la caracterización tecnológica se realizó evaluando la capacidad de absorción de agua (CAA) y aceite (CAa), capacidad de hinchamiento (CH), capacidad emulsificante (CE), estabilidad de la emulsión (EE), concentración mínima de gelificación (CMG) y la caracterización funcional mediante la determinación de la fibra dietética total (FDT), insoluble (FDI) y soluble (FDS) por el método gravimétrico-enzimático, contenido de polifenoles por el método Folin-Ciocalteu y capacidad antioxidante por los métodos ABTS y ORAC-PGR. La harina obtenida tuvo 6,74 ± 0,85% de humedad; 5,18 ± 0,01 de pH; 0,35 ± 0,01 de actividad de agua;10,26 ± 0,36% de cenizas; 0,98 ± 0,03% de AT; 40,00 ± 0,08 ºBrix; 8,30 ± 0,80 g/g de CAA; 1,24 ± 0,11 g/g de CAa; 8,10 ± 0,60 g/mL de CH; 46,45 ± 1,08% de CE, 53,68 ± 0,05% de EE; 8% de CMG; 58,64 ± 0,08% de FDT; 42,30 ± 0,29% de FDI y 16,34 ± 0,10% de FDS, La relación entre la FDI/FDS fue de 2.59:1. Los compuestos fenólicos fueron de 628,3799 ± 0,33 a 855,1338 ± 0,33 mg EAG/100g; la capacidad antioxidante fue de 103,0020 ± 1,64 a 125,0026 ± 1,87 µmol ET/g por ABTS y de 32,5992 ± 5,95 a 125,4746 ± 9,47 µmol ET/g por ORAC-PGR. Se concluye que la harina de *Hylocereus monacantus* "pitahaya roja" presentó buenas características fisicoquímicas, alto contenido de fibra dietética y buena capacidad antioxidante por lo que puede ser utilizada en la preparación de alimentos funcionales.

Palabras clave: *Hylocereus monacanthus*, harina de cáscara de pitahaya roja, fisicoquímico, tecnológico, funcional.

ABSTRACT

Agroindustrial waste is important sources of dietary fiber and antioxidants that can be used as food ingredients. The objective of this work was to obtain and carry out the physicochemical, technological and functional characterization of the peel flour of *Hylocereus monacanthus* "red pitahaya". The flour was obtained from dry husk by grinding in a knife mill and sieved with a 20 mesh. In the physicochemical characterization, pH, humidity, water activity, titratable acidity (TA), ash and total soluble solids (TSS) were evaluated using AOAC methods; The technological characterization was carried out by evaluating the water absorption capacity (WAC) and oil (OAC), swelling capacity (SH), emulsifying capacity (EC), emulsion stability (ES), least gelation concentration (LGC) and functional characterization by determining total dietary fiber (TDF), insoluble (IDF) and soluble (SDF) by the gravimetric-enzymatic method, polyphenol content by the Folin-Ciocalteu method and antioxidant capacity by the ABTS and ORAC methods. PGR. The flour obtained had 6,74 ± 0.85% humidity; 5,18 ± 0,01 pH; 0,35 ± 0,01 water activity; 10,26 ± 0,36% ash; 0,98 ± 0,03% TA; 40,00 ± 0,08 ºBrix; 8,30 ± 0,80 g/g WAC; 1,24 ± 0,11 g/g OAC; 8,10 ± 0,60 g/mL SH; 46,45 ± 1,08% EC, 53,68 ± 0,05% ES; 8% LGC; 58,64 ± 0,08% TDF; 42,30 ± 0,29% of IDF and 16,34 ± 0,10% of SDF, The ratio between IDF/SDF was 2.59:1. Phenolic compounds were from 628,3799 ± 0.33 to 855,1338 ± 0,33 mg EAG/100g; The antioxidant capacity was from 103,0020 ± 1,64 to 125,0026 ± 1,87 µmol ET/g by ABTS and from 32,5992 ± 5,95 to 125,4746 ± 9,47 µmol ET/g by ORAC- PGR. It is concluded that *Hylocereus monacanthus* "red pitahaya" flour presented good physicochemical characteristics, high dietary fiber content and good antioxidant capacity, so it can be used in the preparation of functional foods.

Key words: *Hylocereus monacanthus*, peel flour red pitahaya, physicochemical, technological, functional.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La agroindustria es uno de los principales generadores de subproductos alimenticios, los cuales tienen un impacto a nivel medioambiental. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), las pérdidas y desperdicios de alimentos en las industrias de frutas y hortalizas ascienden al 60 % de la producción total[1]. Por otro lado, la ingesta de fibra dietética por debajo de los requerimientos diarios y antioxidantes es un factor de riesgo significativo para el desarrollo varias enfermedades no transmisibles (ENT) relacionadas con la nutrición, tales como la diabetes de tipo 2, las enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cánceres[2,3].

En la actualidad se vienen realizando diversas investigaciones para el aprovechamiento de estos subproductos, donde evidencian que las semillas, cáscaras y orujos de frutos generados en el procesamiento de productos alimenticios, son fuentes importantes de nutrientes, fibra dietética y componentes bioactivos[4]. Además, la obtención de sus derivados, tales como las harinas, representa una alternativa viable de reutilización y de conservación por su baja humedad y actividad de agua que alarga su tiempo de vida útil para su posterior uso[5].

Las harinas de estos subproductos presentan beneficios para la salud de la población por su alto contenido de fibra dietética y antioxidantes, la cual mejora el microbiota intestinal, aumenta la saciedad, disminuye la ingesta de energía; en consecuencia, reduce el riesgo de enfermedades crónicas como diabetes tipo 2, obesidad, cáncer de colon y enfermedades cardiovasculares. Por otro lado, bajo esta forma es factible utilizarla como ingrediente en productos de panificación para la obtención de alimentos funcionales[6].

La pitahaya es una fruta que actualmente está siendo muy consumida por sus propiedades funcionales, pero este consumo se da a nivel de la pulpa. Además, existen más de 15 variedades de pitahaya que se distinguen por el color de su cáscara y pulpa. En el Perú, esta fruta es cultivada en distintos lugares del país y se puede encontrar en sus dos variedades diferenciadas por el color de su

cáscara, la pitahaya amarilla y pitahaya roja[7]. La cáscara de pitahaya constituye entre el 25% y 30% del peso de la fruta entera, esta parte no es utilizada, a pesar de que, presenta buen porcentaje de fibra dietética y componentes bioactivos como la betalaína, polifenoles, flavonoides y pectinas[8].

Como parte de la estrategia para reducir los impactos causados por los subproductos y aprovechar al máximo sus propiedades nutricionales y bioactivas, se plantea la obtención de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja" y la caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional con la finalidad de orientar su uso como ingrediente alimentario.

Formulación del problema de investigación:

¿Cuáles serán las características fisicoquímicas, propiedades tecnológicas y funcionales de la harina obtenida de la cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Obtener y realizar la caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

1.2.2 Objetivos específicos

1. Obtener harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"
2. Realizar la caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"
3. Evaluar las propiedades tecnológicas de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"
4. Realizar la determinación de la fibra dietética, polifenoles y capacidad antioxidante de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

1.3 Importancia y alcance de la investigación

Actualmente, se producen 500 millones de toneladas de residuos de cáscaras en la industria de procesamiento de alimentos, que representan del 15 al 50 % del peso fresco total de la fruta o verdura[9]. Se está buscando revalorar y utilizar todas las partes que componen a las frutas y vegetales, incluidas las cáscaras, las semillas, el orujo y el tallo[2]. Esto tendrá un impacto positivo para la reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos que tiene como índice los Objetivos del desarrollo sostenible (ODS)[4].

Investigaciones internacionales han demostrado que estos subproductos y sus derivados, como la harina, son ricos en fibra dietética y contienen componentes bioactivos, como polifenoles, flavonoides que se pueden utilizar en diferentes sistemas alimentarios conservando su valor nutricional[5].

Las harinas obtenidas a partir de subproductos de frutas tienen importantes características que le permiten poder ser utilizado como ingrediente alimentario para la elaboración de diferentes productos alimenticios, estas características son: fisicoquímicas, como baja humedad, menor actividad de agua y mayor tiempo de vida útil[4,10]; tecnológica, al poder ser usado como espesantes, gelificantes, rellenos y agentes retenedores de agua[11]. Por último; funcionales, por su valor nutricional, contenido de fibra dietética y actividad antioxidante[12].

Debido a la falta de estudios nacionales, esta investigación es importante porque aportará en el aprovechamiento de los subproductos, como parte de las estrategias de reducción del impacto ambiental generados por estos residuos, asimismo, podrá contribuir como fuente para que se investiguen otros tipos de subproductos. Además, se podrá utilizar la harina de cáscara de pitahaya roja como un ingrediente alimentario para la elaboración de diversos productos de panificación (pan, galletas y fideos), también como un sustituto de grasas en helados y para aumentar el tiempo de vida útil en embutidos, lácteos, carnes y mariscos. Así como también podrá utilizarse para mejorar las características organolépticas y sensoriales de algunos productos tales como bebidas, yogures, mermeladas, etc.

1.4 Limitaciones de la investigación

En relación con la información bibliográfica no se cuenta con estudios relacionados para la cáscara de *Hylocereus monacanthus*, pero sí para otras especies de *Hylocereus*. A nivel nacional no se tienen estudios específicos de la cáscara y la harina derivada de esta, a nivel internacional si se puede encontrar información referente a la cáscara y harina, pero de otras especies de pitahaya roja. La temporada de fruto fue una limitación ya que la pitahaya roja florece desde noviembre hasta abril.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes

Jamilah *et al*. (2011)[13], evaluaron la composición fisicoquímica de la cáscara de *Hylocereus polyrhizus* "pitahaya roja" proveniente de Malasia. El análisis fisicoquímico fue determinado siguiendo la metodología de AOAC y la fibra dietética por el método enzimático-gravimétrico. Los resultados obtenidos fueron 92,65% de humedad; 0,10% de cenizas y 5,06 de pH. En relación con la fibra dietética insoluble fue de 56,50%; 14,82% de fibra dietética soluble y la relación entre fibra insoluble y soluble fue de 3,8:1,0; respectivamente.

Noor *et al.* (2015)[14], evaluaron la composición fisicoquímica y los componentes bioactivos de la harina de cáscara de *Mangifera indica* L. var Perlis Sunshine. La harina fue obtenida por secado a 44,4 °C. El análisis fisicoquímico fue realizado por los métodos de AOAC, la capacidad antioxidante por el método de eliminación de radicales libres, componentes fenólicos por Folin-Ciocalteu y el contenido de flavonoides por espectrofotometría. Los resultados obtenidos fueron de 7,5 ±1,6% de humedad; 4,5 ± 0,01% de cenizas y 54,2 ± 0,53%, de fibra dietética total. En cuanto a los componentes bioactivos presentó 80,0% de capacidad de neutralización de radicales libres, 21,7 mg/g de contenido fenólico total de y 22,4 mg/g contenido total de flavonoides.

Chia *et al.* (2015)[15], evaluaron las propiedades fisicoquímicas de la harina de cáscara de *Hylocereus polyrhizus*. La harina fue obtenida por secado a tambor. El análisis fisicoquímico se realizó mediante los métodos de AOAC. El análisis de contenido fenólico fue realizado por el método de Folin–Ciocalteu. La capacidad antioxidante por el método DPPH. Los resultados obtenidos fueron de 10,66 ± 0,18% de humedad; 10,57 ± 0,42% de cenizas; 0,42 ± 00 a_w de actividad

de agua. El contenido de compuestos fenólicos fue de 7,84 ± 0,00 mg GAE/g y la capacidad antioxidante de 4,375 ± 0,00 mg trolox/g.

Torres *et al.* (2017)[16], evaluaron los componentes bioactivos con interés funcional de la cáscara de *Selenicereus megalanthus Haw* "pitahaya amarilla" proveniente de Valle del Cauca- Colombia. La cáscara se secó por aire caliente a 45°C por 24 horas. La determinación de polifenoles fue realizada por el método de Folin-Ciocalteu; el contenido de vitamina C por el método de 2-nitroanilina y la capacidad antioxidante por los métodos ABTS y DPPH. Obtuvieron 1333,33 mg equivalente de ácido gálico/g de compuestos fenólicos; 20,615 mg ácido de ascórbico/g; 66,2% y 62,1% de capacidad antioxidante según ABTS y DPPH respectivamente. Concluyeron que, por el contenido de bioactivos, la cáscara de pitahaya puede ser utilizada para obtener ingredientes funcionales.

Ramos *et al*. (2018) [17], caracterizaron fisicoquímicamente la harina de cáscara de *Passiflora caerulea* proveniente de Brasil. La cascara se secó en un horno de aire circulante a 60 ºC hasta que la humedad estuvo por debajo de 10%. La caracterización fisicoquímica se realizó por los métodos de AOAC, la determinación de polifenoles fue realizada por el método de Folin-Ciocalteu, la fibra dietética por el método enzimático-gravimétrico y la capacidad antioxidante por los métodos ABTS. Los resultados que obtuvieron fueron 14,56 ± 0,27 % de humedad; 9,31 ± 0,04 % de cenizas; 45,19 ± 0,43 % de fibra dietética total; 673,41 mg de ácido gálico /g de compuestos fenólicos y 21,1 mg/mL de IC50 para la capacidad antioxidante.

Pratap *et al.* (2020)[18], evaluaron la fibra dietaría, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del polvo de cáscara de *Hylocereus undatus* "pitahaya roja" proveniente de la India. El polvo fue obtenido por secado a estufa de aire caliente a 45 ± 2 ºC hasta completar el secado. El contenido de fibra dietética se determinó mediante el método enzimático-gravimétrico, el contenido total de fenoles, por Folin–Ciocalteu y la capacidad antioxidante por DPPH. Los resultados obtenidos para fibra dietética fueron de 56,91 %, con mayor contenido de fibra dietética insoluble de 49,22 %; compuestos fenólicos de 36-39 mg equivalente de ácido gálico/g y mostró porcentaje de actividad de eliminación de radicales 59.01 a 65.87 %.

Utpott et al. (2020)[19], realizaron la caracterización fisicoquímica y capacidad antioxidante de la harina de *Hylocereus polyrhizus* "pitahaya roja" proveniente de

una localidad de Novo-Hamburgo en Brasil. Obtuvieron la harina por secado en estufa con circulación de aire forzado a 60°C durante 9 horas. Para la evaluación de las características fisicoquímicas utilizaron métodos de AOAC y el método enzimático-gravimétrico, para la fibra total. La determinación de la capacidad antioxidante se realizó mediante el método ORAC. Los autores evidenciaron 12,38% de humedad; 17,56% de cenizas y 0,41a_w de actividad de agua. Además, presentaron alta concentración de fibra dietética total de 65,59%; en el cual 41,63% representa a la fibra dietética insoluble y 23,96% a fibra dietética soluble. Respecto a su actividad antioxidante presentó 101,23 umol ET/g.

Hsu *et al.* (2020)[20], realizaron la caracterización fisicoquímica y cuantificación de fibra dietética de la harina de cáscara de *Hylocereus polyrhizus* "pitahaya roja" proveniente de Taiwán. La harina fue obtenida por secado a 50°C por 8 horas. La composición proximal de la harina se determinó de acuerdo con los métodos de la AACC y la fibra dietética por el método enzimático-gravimétrico. Los resultados obtenidos para la harina fueron 7,1% de humedad y 14,0% de ceniza. Además, presentó 61,9% de fibra dietética total (TDF), en el que el 34,1% era fibra dietética insoluble (IDF) y el 27,8% era fibra dietética soluble (SDF).

Weng *et al.* (2020)[21], evaluaron la fibra dietética y las propiedades tecnológicas de la harina de cáscara de 2 especies de maracuyá *Passiflora edulis* Sims. variedad púrpura y *Passiflora edulis f. flavicarpa* variedad amarilla. El proceso de secado se realizó a 60 ºC por 48 horas. El análisis de la fibra dietética total se realizó por el método enzimático gravimétrico. También realizaron análisis de la capacidad de absorción de agua y capacidad de hinchamiento. La fibra dietética total fue de 45.18 ± 0.21% para variedad amarilla y 47.39 ± 0.53% para variedad púrpura. La capacidad de absorción de agua fue de 8.10 ± 0.03 g/g variedad amarilla y 8.30 ± 0.07 g/g para variedad púrpura. La capacidad de hinchamiento fue de 8.60 ± 0.13 mL/g para variedad amarilla y 9.24 ± 0.07 mL/g para variedad púrpura.

Moreira *et al.* (2021)[22], realizaron la caracterización fisicoquímica y contenido de fibra dietética de las harinas de *Selenicereus megalanthus* "pitahaya amarilla" y *Hylocereus costaricensis* "pitahaya roja" provenientes de Goiânia-Brasil. El proceso de secado fue realizado en un horno forzado de circulación de aire a 55 ºC durante 72 horas. Las características fisicoquímicas se utilizaron los métodos de la AOAC y para la determinación de fibra dietética el método enzimático-

gravimétrico. Los resultados obtenidos para la humedad fueron 9,62 % para pitahaya amarilla y 5,25% para pitahaya roja; la actividad de agua fue de 0,52 a_w pitahaya amarilla y 0,35 para pitahaya roja. Por último, con relación el contenido de fibra dietética total fue de 69,06% para pitahaya roja y 60,21% para pitahaya roja.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Género *Hylocereus*

Es un género nativo de América que crece en áreas templadas, tropicales, subtropicales y semiáridas de México, Centro América y Norte de Sudamérica. Son plantas trepadoras, tallos trialados o triangulares con espinas cortas o cónicas, sus raíces se encuentran adventicias a las ramas y sus flores son aromáticas de apertura nocturna. Por último, a sus frutos se les conocen comúnmente como "pitahaya", los cuales son comestibles y tienen forma globosa con escamas foliáceas. Con respecto al exocarpo del fruto, este puede ser de color amarillo, rojo y magenta. El endocarpio también varía dependiendo de la especie, de color blanco, rojo o magenta con abundantes semillas negras diminutas[23].Actualmente, *Hylocereus* se cultiva en Nicaragua, Guatemala, México, Costa Rica, Colombia, Perú y Venezuela. También ha llegado a China, Bahamas, Bermudas, Australia, Estados Unidos (Florida y California), India, Tailandia, Taiwán, Malasia, Filipinas, Vietnam, Camboya, Indonesia e Israel[24].

2.2.2 Especies de *Hylocereus*

Hylocereus comprende 16 especies, y han sido principalmente clasificados por el color de la cáscara y de la pulpa. Las especies más estudiadas y comercializadas son *Hylocereus undatus* (pulpa blanca y cáscara roja), *Hylocereus polyrhizus* (pulpa y cáscara roja) y *Hylocereus megalanthus* (pulpa blanca y cáscara amarilla)[25].

2.2.3 *Hylocereus monacanthus*

2.2.3.1 Clasificación taxonómica

La identificación botánica fue realizada por el Biólogo José Ricardo Campos De La Cruz, biológo colegiado N°3796 según el Sistema Moderno de Clasificación de Amgiospermas (APG) de 1998.

Reino	Vegetal
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Caryophyllanae
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Género	*Hylocereus*
Especie	*Hylocereus monacanthus*

2.2.3.2 Descripción botánica

Esta especie presenta la parte externa del fruto de color rojo y la parte interna color púrpura**,** lleno de escamas carnosas y suculentas que se superponen con pequeñas protuberancias de punta verde a lo largo de su longitud y presenta un perianto marchito persistente. Sus tallos son verdes de sección triangular con márgenes ondulantes que contienen una a dos espinas rígidas. Las flores son grandes en forma de embudo[26].

Sus frutos son recolectados de 30 a 40 días después de la floración, en el cual este ha alcanzado una madurez optima, es decir cuando la cáscara adquiere una coloración de rosa a rojo intenso y una textura de pulpa de color bastante firme. La pulpa representa entre el 60-80 % de su peso total, el cual varía en promedio de 200-570 g, según su especie (Figura 1)[25,26].



Figura 1. Fruto de *Hylocereus monacanthus*

2.2.3.3 Usos de la fruta

La pulpa de la fruta se usa para hacer jugo, vino, mermelada, jalea y conservas. La cáscara, para la extracción de colorantes alimentarios naturales, también de pectina y como una fuente de antioxidantes. Las flores deshidratadas, para hacer té. El uso principal de la semilla es para la extracción de aceite que contiene aproximadamente un 50 % de ácidos grasos esenciales[27].

2.2.3.4 Explotación agroindustrial

Los países de Vietnam, China e Indonesia proporcionan más del 93% de la producción mundial de pitahaya. Vietnam participa en más de la mitad de la producción mundial cerca de 51,1% en un área de 55,419 hectáreas con un promedio productividad de 22 a 35 toneladas métricas de hectáreas por año[28]. La pulpa de la pitahaya es la parte más consumida del fruto por lo cual su principal utilización se da en la industria es para la obtención de jugos, producción de yogurt, mermeladas, néctares y bebidas debido a su valor nutricional y sus beneficios para la salud. De estos procesos industriales la cáscara que representa alrededor de 30%, no es utilizada y es desechada provocando un impacto ambiental[27].

2.2.3.5 Producción

Internacional

A nivel internacional los países con mayor producción de pitahaya se encuentran en América (México, Colombia Nicaragua, Guatemala y Ecuador) y Asia (Vietnam, Taiwán, Filipinas, Indonesia, Tailandia y Malasia). En la actualidad, Vietnam es el mayor proveedor de esta fruta en el mundo, con mayor presencia en Asia, Europa y en los Estados Unidos. Con respecto a la producción por variedades del fruto, la pitahaya amarilla es principalmente producida por Colombia y Ecuador. El principal proveedor de pitahaya roja al mercado europeo es Vietnam, en las especies *Hylocereus undatus* y Hylocereus *polyrhizus*[29].

Nacional

Su producción se encuentra en las zonas subtropicales, especialmente en la región de Amazonas. Estos cultivos también se han extendido a la selva central (Chanchamayo), en la costa de Piura y en costa central (Lima, Huaral y Cañete). Perú también es un exportador de pitahaya fresca, los países a los que provee son Aruba, Francia, Países Bajos, Alemania, España e Italia. El mercado de mayor destino es Aruba, representando más del 90% de las exportaciones[29,30].

2.2.4 Cáscara de *Hylocereus*

Representa alrededor de 22 a 44% de la fruta entera. Al igual que la pulpa, es una buena fuente de pectina, fenoles, antioxidantes y fibra dietética. La cáscara normalmente se descarta durante el procesamiento del fruto, especialmente en las industrias de elaboración de bebidas, lo cual impacta negativamente en el medio ambiente, por lo que se está buscando su utilización y conversión en productos de fácil manejo y de mayor tiempo de vida útil[31].

2.2.4.1 Composición química

Las cáscaras de pitahaya son una rica fuente de pectina que tienen la propiedad de absorción de colesterol por lo cual reduciría los niveles en la sangre. Además, posee buena cantidad de fibra dietética que ayuda al mejoramiento de la microbiota y la prevención de enfermedades gastrointestinales[31].

Se reporta que posee diferentes compuestos fenólicos ácidos (ácido gálico, ácido protocatéquico, ácido cafeico, ácido cumárico ácido, ácido ferúlico) y flavonoides (flavonoles, antocianinas,flavonas, isoflavonoides) Las betacianinas

de la cáscara de pitahaya incluyen betanina, isobetanina, filocatina, isofilocactina e hilocereninase. Estos compuestos aportan una gran capacidad antioxidante, lo cual se le atribuye efectos saludables, como antioxidantes, anticancerígenos y antidiabéticos[32].

2.2.4.2 Usos de la cáscara

Debido a las grandes propiedades de la cáscara, especialmente por su gran contenido de fibra dietética y por ser una fuente de antioxidantes, este subproducto en forma de harina ha sido investigado para ser usado en diferentes rubros alimenticios, como por ejemplo en productos de panificación (pan, galletas y fideos) como sustituto de la harina de trigo, donde se utiliza para aumentar el valor nutricional, así como sus propiedades sensoriales. También ha sido aplicado para mejorar el tiempo de vida útil y valor nutricional de productos lácteos como la leche fermentada y pasteurizada. Además, en productos cárnicos y mariscos, funcionan como agentes antioxidantes y antimicrobianos naturales para retardar la oxidación de proteínas y lípidos y el deterioro de la carne. Se puede utilizar como un sustituto de grasas en la elaboración de helados sin alterar sus propiedades fisicoquímicas. Debido al ser un colorante natural puede ser utilizado en bebidas, mermeladas, yogures para mejor las características organolépticas a la vez que aporta un valor nutritivo al producto final[31].

2.2.4 Harina

Es un polvo fino obtenido principalmente por molienda del trigo u otros cereales. Existe el término de harina compuesta para referirse a una mezcla de diferentes harinas vegetales ricas en almidón o proteína, con o sin harina de trigo que pueden ser utilizados para la elaboración de productos de panadería. Estas combinaciones se dan con el fin de aumentar sus propiedades nutricionales en beneficio del consumidor. Últimamente están siendo investigadas las harinas obtenidas de subproductos de vegetales para su uso en la producción de alimentos funcionales debido a su fuente de fibra dietética y compuestos bioactivos[33].

2.2.4.1 Propiedades tecnológicas de las harinas

Las propiedades tecnológicas son propiedades fisicoquímicas que determinan la interacción entre la composición y estructura de los componentes que conforman los alimentos con la naturaleza del entorno en que se van a asociar. La harina al ser un ingrediente alimentario tiene un papel importante en la fabricación de diversos productos. Además, dentro de su composición puede contener carbohidratos, proteínas, grasas, humedad, fibra y cenizas; por lo tanto, es importante conocer como estos componentes se van a comportar en diversos sistemas específicos, ya que esto va a impactar en la calidad del producto final[34]. A continuación se describen algunas propiedades tecnológicas:

2.2.4.1.1 Capacidad de absorción de agua (CAA)

Es la capacidad de la harina para absorber, retener y atrapar físicamente el agua, lo que origina una formación de una masa viscoelástica, que conduce a la flexibilidad y capacidad de la masa para estirarse y moldearse, la cual será fácil de manipular para diversas preparaciones[35].

2.2.4.1.2 Capacidad de absorción de aceite (CAa)

Es la capacidad de retención física de aceite en las harinas, esto es importante ya que contribuye a que mejore el sabor y dure por mucho más tiempo cuando es utilizada en la preparación de alimentos, tales como productos de panadería, salchichas o cárnicos donde es muy importante esta propiedad[35].

2.2.4.1.3 Capacidad de hinchamiento (CH)

Es la capacidad de la harina para absorber agua e hincharse y se considera una medida de calidad en algunos productos alimenticios como los productos de panadería[35].

2.2.4.1.4 Capacidad y estabilidad de la emulsión (CE y EE)

Es la capacidad de una molécula para actuar como agente que facilita la emulsificación entre dos líquidos inmiscibles y la estabilidad de emulsión se refiere a aquella emulsión que pueda resistir los cambios y alteraciones en sus propiedades fisicoquímicas a lo largo del tiempo[35].

2.2.4.1.5 Concentración mínima de gelificación (CMG)

Se denomina así a la mínima concentración de una proteína para formar un gel[34]. Esto sucede debido a que el sistema alimentario formado a diferentes concentraciones pierde fluidez y aumenta su viscosidad hasta llegar al punto

donde se vuelve gel. Es importante conocer el punto de gelificación ya que este proceso es irreversible y cambia las propiedades del sistema[34,35].

2.2.5 Propiedades funcionales de los alimentos

Es la capacidad que presentan algunos alimentos para modular uno o más procesos metabólicos dentro del organismo debido a que contienen dentro de su composición componentes bioactivos como fibra dietética, polifenoles, carotenoides, tocoferoles, entre otros, los cuales se pueden encontrar en derivados de vegetales (frutas, cereales, verduras y legumbres); así como también en productos de origen animal (lácteos fermentados y pescados) que incluyen prebióticos, probióticos, ácidos grasos, péptidos bioactivos, etc. Estos componentes hacen que tengan una acción beneficiosa en la salud de las personas y también en la prevención de enfermedades[36].

Propiedades funcionales de las harinas

Las harinas, mayor parte proveniente de cereales como el trigo, son parte de diversos procesos de manufactura para la preparación de otros alimentos que consumen la población, por lo tanto; también aportan un valor nutricional en la dieta. Los subproductos de los vegetales y frutas, al contener compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y fibra dietética, que al no ser consumibles como tal y ser perecibles; pueden ser convertidos en harinas para poder ser utilizado como ingrediente alimentario, lo que resultaría en un aumento de su contenido nutricional de los productos que se preparen con ella y se convierten en alimentos funcionales[37].

2.2.5.1 Fibra dietética

Es la parte de los alimentos de origen vegetal que no puede ser digerido por las enzimas digestivas del ser humano. La mayor parte de las fuentes donde se pueden encontrar son: los cereales, las legumbres, las frutas y las verduras. Esta se puede clasificar en dos grupos de acuerdo con su solubilidad en agua y poseen algunas funciones fisiológicas dentro del organismo, la fibra soluble (FS) incluye pectina, gomas y la inulina, este tipo de fibra aumenta la viscosidad de la digestión de los alimentos, altera la absorción en el tracto gastrointestinal y reduce la concentración de colesterol en la sangre. La fibra insoluble (FI) incluye

celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina, suberina, quitina, quitosano y almidones resistentes. Esta fibra es la encargada de regular el tránsito intestinal[38].

Además, es importante debido al impacto en la mejora de la salud y prevención de algunas enfermedades. Tales como cáncer de colon , trastornos intestinales , diabetes tipo II y enfermedad coronaria. Por último, poseen propiedades fisicoquímicas como la solubilidad, viscosidad, absorción de agua, absorción de aceite, tamaño de partícula y porosidad, que ayudan a la preparación de alimentos con gran valor nutricional[10,38]. Un método utilizado para su determinación es el método enzimático- gravimétrico, el cual se puede cuantificar la fibra dietética total (FDT), fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS). Al ser un método enzimático, se utilizan las enzimas α-amilasa, proteasa, amiloglucosidasa para degradar los almidones y proteínas presentes en las muestras de los alimentos[39].

2.2.5.2 Compuestos fenólicos

Son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas, se encuentran en alimentos vegetales como frutas, cereales, verduras y en las partes no comestibles como flor, semillas y cáscaras. Están relacionados con las funciones de defensa ante eventos adversos y a las características organolépticas como el color, sabor y aroma de los vegetales. Estos compuestos tienen una estructura base en común que es un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos unidos. Por lo tanto, se van a clasificar de acuerdo al número y la disposición de los átomos de carbono, en flavonoides (flavanoles, los flavanones, los flavones, isoflavonas y antocianidinas) y no flavonoides (ácidos fenólicos, lignanos, estilbenos y otros compuestos de menor peso molecular)[40].

Los compuestos fenólicos están presentes en una variedad de alimentos y bebidas de origen vegetal que regularmente están presentes en la dieta. Por lo tanto, al ser consumidos de forma natural o al ser adicionado a otros alimentos durante su producción, en forma de harina de subproductos, tienen propiedades promotoras para la salud ya que tienen funciones de antioxidantes, antiinflamatorias, antitumorales y antimicrobianas lo que ayuda a reducir el riesgo de algunas enfermedades crónicas como la enfermedad cardiovascular, hipertensión, cáncer y diabetes[41]. Se puede cuantificar estos metabolitos a

través de un método espectofotometro utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu (F-C) y leído a 760 nm[42].

2.2.5.3 Capacidad antioxidante

Los antioxidantes tienen la capacidad de prevenir la oxidación de otras moléculas, contrarrestan los radicales libres y otras especies reactivas de oxígeno. Entre los antioxidantes naturales tenemos a las frutas y vegetales que contienen buena cantidad de compuestos fenólicos, minerales (hierro, cobre, zinc, manganeso y selenio), vitaminas (C, A, E) y nutrientes dietéticos. Por eso el consumo de estos alimentos, evita la progresión de muchas enfermedades no transmisibles que afectan a los seres humanos[43]. En la industria alimentaria son agregados a las matrices alimenticias para preservar el sabor y el color de los alimentos al evitar la oxidación de sus componentes. Entre los productos a los que se pueden aplicar son las carnes, ayuda a alargar la vida útil porque evita el enranciamiento de las grasas, en los productos horneados, aumenta sus propiedades nutritivas, en bebidas y productos cárnicos preservar el color de los pigmentos, lo que es un índice de calidad[44].

La cuantificación de estos componentes se puede realizar por distintos métodos, en los cuales se tiene a DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)), ABTS (2,2'-azinobis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)), ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno), FRAP (poder de reducción antioxidante del ión férrico), CUPRAC (capacidad antioxidante reductora cúprica) y TRAP (antioxidante atrapante de radicales peroxilo total potencial)[45].

2.2.5.3.1 ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))

Este método mide la capacidad de los antioxidantes para neutralizar el catión radical estable ABTS•+ 2,2′-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico). El cual es generado a partir del reactivo ABTS en presencia de poderosos agentes antioxidantes como persulfato de potasio. El color del cromóforo es azul-verde de máxima absorción a 734 nm. El grado de decoloración del color azul-verde es cuantificado. Este método es aplicado para la determinación de la actividad antioxidante en antioxidantes lipofílicos e hidrofílicos. Presentes en muestras de alimentos, bebidas y antioxidantes plasmáticos[45,46].

2.2.5.3.2 ORAC-PGR (Oxegen Radical Absorbance Capacity- Pyrogallol red)

La prueba (capacidad de absorción de radicales de oxígeno) es un método modificado para analizar la capacidad antioxidante que mide la degradación oxidativa de una molécula diana rojo de pirogalol (PGR), después de mezclarla con un iniciador de radicales libres AAPH (diclorhidrato de 2,2′azobis (2 metilpropinamida)). El índice ORAC se evalúa a partir del área bajo la curva de los perfiles cinéticos de la molécula diana, y generalmente utiliza ácido gálico o Trolox como estándar de referencia; por lo tanto, el valor ORAC se expresa en equivalentes de Trolox[47].

2.4 Glosario de términos

Alimento funcional: es aquel alimento que además de su valor nutritivo original ha sido enriquecido con componentes biológicamente activos que aportan beneficios para la salud y reducen el riesgo de contraer ciertas enfermedades[41].

Betalainas: son pigmentos que contienen nitrógeno solubles en agua , que proporcionan los colores rojo violeta (betacianinas) y amarillo (betaxantinas) a algunas frutas y verduras. Es utilizado como colorante natural y posee propiedades benéficas para la salud[48].

Componentes bioactivos: son un grupo heterogéneo de moléculas con diferentes estructuras químicas que influyen en la salud humana debido a sus propiedades biológicas (antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatoria, anticancerígena[37].

Flavonoides: estos compuestos se dividen en subclases principales de flavanoles, que incluyen monómeros de flavanoles (flavan-3-oles) y polímeros de flavanoles (llamados proantocianidinas), flavonoles, flavanonas, flavonas, isoflavonas y antocianinas. Tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, vasorelajantes, anticoagulantes, cardioprotectoras, contra la obesidad y antidiabéticas[49].

Ingrediente funcional: es un componente activo que se puede encontrar presente en materias primas de origen vegetal, los cuales pueden ser

extraídos e incorporados a otros alimentos durante su preparación, potenciando el valor nutritivo de estos[50].

Pectina: es un polímero de carbohidrato de alto peso molecular y contribuye a la estructura celular de las plantas. Tiene propiedades gelatinizantes, espesantes y estabilizantes, por lo cual es utilizado en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica[51].

Subproducto: es el resultado que queda después de la transformación de una materia prima en un producto final, el cual no se utiliza y es descartado[6].

Vida útil: es el tiempo en el cual un producto alimenticio se encuentra en óptimas condiciones para ser consumido sin alterarse su composición química[6].

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

La harina de la cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja" presenta buenas características fisicoquímicas, propiedades tecnológicas y funcionales.

3.2 Variables

Características fisicoquímicas

- Humedad
- pH
- Actividad de agua (a_w)
- Análisis de color
- Cenizas
- Acidez titulable total
- Solidos solubles totales
- Granulométrica

Propiedades tecnológicas

- Capacidad de absorción de agua
- Capacidad de absorción de aceite
- Capacidad y estabilidad de la emulsión
- Capacidad de hinchamiento
- Concentración mínima de gelificación

Propiedades funcionales

- Fibra dietética

- Compuestos fenólicos
- Capacidad antioxidante

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Jr. Puno N° 1002, Lima-Perú. Con coordenadas: Latitud: -12.0556133 y Longitud: -77.0235747.

4.2 Diseño de investigación

La investigación es descriptiva porque no se manipularon variables. Prospectivo, porque se evaluó a futuro y transversal debido a que los análisis fueron realizados en un periodo de tiempo determinado.

4.3 Población y muestra

Muestra: Harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

4.4 Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información

4.4.1 Obtención de harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

4.4.1.1 Recolección y transporte de los frutos de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

Los frutos de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja" se recolectaron de los productores de la provincia de Huaral, Lima (Perú). Fueron trasportados en cajas de polietileno a los laboratorios de Bromatología y Biotecnología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica – UNMSM, donde se realizaron los ensayos.

4.4.1.2 Obtención y caracterización de las cáscaras de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

Los frutos fueron seleccionados presentando una con óptima madurez y sin daños físicos. Se eliminaron las mamilas, ápice y pedúnculos. Se lavó y desinfectó con hipoclorito de sodio 0,1 mL/L por 15 min. Luego se enjuagaron con agua y se secaron. A continuación, se separaron las cáscaras de las pulpas

mediante un corte longitudinal central y dos cortes transversales en los extremos[22].

En las cáscaras se realizaron las siguientes evaluaciones:

a) **Análisis Organoléptico**: Se realizó la evaluación de aspecto, color, olor y sabor utilizando los órganos de los sentidos[52].

b) Caracterización fisicoquímica

- Rendimiento de la cáscara

Para determinar el porcentaje de cáscara que representan del fruto entero de pitahaya roja. Se seleccionaron 20 frutos enteros y por medio de una balanza analítica se pesaron las cáscaras y pulpas de manera independiente[53]. Se calculó mediante la ecuación 1:

$$\%\ cáscara\ /\ pulpa = \frac{Cáscara\ (g)}{Pitahaya\ roja\ entera\ (g)} \times 100 \quad (Ecuación\ 1)$$

- **Humedad**

Se determinó mediante el método gravimétrico. Se pesó aproximadamente 11 g de cáscaras en placas Petri y en una estufa se calentó a 105°C hasta que su peso sea constante. Se enfrió en un desecador y se pesó en una balanza analítica. Se calculó con la ecuación 2 y se expresó en g/100 g peso fresco[54].

(Ecuación 2)

$$\% = \frac{Placa\ con\ muestra\ fresca\ (g) - Placa\ con\ muestra\ seca\ (g)}{Muestra\ fresca\ (g)} \times 100$$

- **pH**

Se determinó mediante el método potenciométrico. Primeramente, se trituró la cáscara y pulpa con un pilón en un mortero. Luego se pesó aproximadamente 4 g de cáscara la cáscara y pulpa triturada. A cada muestra se adicionó 20 mL de agua destilada en un vaso de precipitado de 50 mL, se homogenizó y midió el pH. Antes de medir el pH de la muestra, el potenciómetro se calibró utilizando tampones de pH 4, 7. Las lecturas se realizaron por triplicado[54].

- **Sólidos solubles totales**

Los sólidos solubles se evaluaron en la cáscara y pulpa mediante el método refractométrico. La cáscara y la pulpa se trituraron en un mortero y el líquido

resultante se filtró a través de papel de filtro y se colocó una gota en el refractómetro y se midió en grados Brix por triplicado[54].

- **Acidez titulable**

Se determinó mediante volumetría. Se pesó 5 g de cáscara y pulpa triturada en un mortero. A cada muestra se adicionó 100 mL de agua destilada en un vaso de precipitado de 250 mL, se homogenizó y se tituló con una solución valorada de NaOH 0,1 N y se mantuvo la muestra en agitación hasta llegar a un pH de 8,2, por último, se anotó el gasto total de la titulación[54]. Se realizó por triplicado y el porcentaje se determinó como ácido cítrico y se calculó mediante la ecuación 3.

$$\%\text{acidez } \left(\frac{g \text{ de ácido cítrico}}{100g}\right) = \frac{V \times N \times F \times 100}{m} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde: V: Volumen de gasto de la solución de NaOH valorada, N: Normalidad de la solución de NaOH valorada, F: factor de conversión de miliequivalencia ácido cítrico (0,06404) y m: peso de la muestra (g).

- **Índice de madurez**

Se determinó en la pulpa mediante la ecuación 4, siendo el resultado de la división de los valores de sólidos solubles totales (°Brix) y acidez titulable (g de ácido cítrico/100g de pulpa) de la pulpa de pitahaya roja obtenidos por los métodos previamente descritos[54].

$$\text{Índice de madurez (IM)} = \frac{Sólidos\ Solubles\ Totales\ de\ la\ pulpa\ (°Brix)}{Acidez\ titulable\ de\ la\ pulpa\ (\%)} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

4.4.1.3 Obtención de harina de la cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

Las cáscaras previamente separadas, se cortaron con un cuchillo de acero inoxidable en tamaños de 1 cm^2, los pedazos de cáscara fueron puestos en bandejas de acero inoxidable de manera que no se aglomeren y se secaron a 60ºC por 42 horas en una estufa hasta llegar a una humedad de 8 a 10%. Después del proceso de secado, las cáscaras secas fueron almacenadas en bolsas ziploc de polipropileno con cierre hermético y se protegieron de la luz. La molienda se realizó en un molino de cuchillas, el tamaño de partículas fue homogenizado con un tamiz de malla N°20.La harina obtenida fue colocada en

bolsas de polietileno y aluminio con cierre hermético y se conservaron en un congelador para su posterior utilización [53].

4.4.2 Caracterización de la harina de cáscara *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja "

a) Análisis organoléptico

Se realizó la evaluación de aspecto, color, olor y sabor utilizando los órganos de los sentidos[52].

b) Caracterización fisicoquímica

- **Rendimiento de la harina**

Para el cálculo, se consideraron cuatro pesos, la pitahaya roja entera, las cáscaras frescas obtenidas, las cáscaras secas en trozos y la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)[55]. Los rendimientos se calcularon con las siguientes fórmulas:

$$\%\ cáscaras\ fresca = \frac{Cáscaras\ frescas\ (g)}{Pitahaya\ roja\ entera\ (g)} \times 100\ (Ecuación\ 5)$$

$$\%\ cáscaras\ secas = \frac{Cáscaras\ secas\ (g)}{Cáscaras\ frescas\ (g)} \times 100\ \ (Ecuación\ 6)$$

$$\%\ HCPR = \frac{HCPR\ (g)}{Cáscaras\ frescas\ (g)} \times 100\ \ (Ecuación\ 7)$$

Evaluación de granulometría

Se pesó 100 g de harina de pitahaya roja. Los tamices se ubicaron de mayor a menor diámetro en un agitador de columnas de tamices. Se utilizaron tamices de número: 40 (425 µm), 60 (250 µm), 80 (180 µm), 100 (150 µm) y 120 (125 µm), con factores 5, 4, 3, 2 y 1; respectivamente[56]. Se expresó en g y en porcentaje retenido la cantidad retenida por cada tamiz. Para el cálculo de subtotal de tamices se utilizó la ecuación 8 y para el módulo de finura se utilizó la ecuación 9.

$$Subtotal\ de\ tamices = \%\ retenido \times\ factor\ de\ tamiz\ (Ecuación\ 8)$$

$$Módulo\ de\ finura = \frac{\sum Subtotal\ de\ los\ tamices}{100}\ (Ecuación\ 9)$$

- **Humedad**

Se determinó mediante el método gravimétrico. Se pesó aproximadamente 1 g de HCPR en placas Petri y en una estufa se calentó a 105°C hasta que su peso sea constante. Se enfrió en el desecador y se pesó en una balanza analítica[54]. Se calculó con la ecuación 2 y se expresó en g/100 g peso de harina

- **pH**

Se pesó aproximadamente 0,5 g de HCPR. A cada muestra se adicionó 20 mL de agua destilada en un vaso de precipitado de 50 mL, se homogenizó y midió el pH. Antes de medir el pH de la muestra, el potenciómetro se calibró utilizando tampones de pH 4, 7[54]. Las lecturas se realizaron por triplicado.

- **Acidez titulable**

Se pesó aproximadamente 0,5 g de HCPR en un matraz Erlenmeyer. A cada muestra se adicionó 100 mL agua destilada, se homogenizó y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N. Se mantuvo en agitación la muestra hasta llegar a un pH de 8,2[54]. El porcentaje de acidez se calculó con la ecuación 3 y se expresó como g de ácido cítrico/ 100 g.

- **Sólidos solubles totales**

Se pesó aproximadamente 0,5 g de HCPR y se trasvasó a una fiola de 10 mL, se homogenizó y se aforo con agua destilada. A cada muestra se filtró con papel filtro y se midió en el refractómetro[54]. Los resultados se expresaron como grados brix.

- **Cenizas**

Los crisoles fueron previamente secados y enfriados en un desecador. Luego se pesó aproximadamente 1 g de HCPR en los crisoles tarados. A continuación, se carbonizaron en una placa de calentamiento e incineraron a 550°C por 5 h en una mufla hasta la obtención de cenizas blancas azuladas[53]. Se calculó mediante la ecuación 10:

$$\% = \frac{Crisol\ con\ muestra\ calcinada\ (g) - Crisol\ sin\ sin\ muestra\ (g)}{muestra\ fresca\ (g)} \times 100$$

- **Análisis de color**

Se pesó 1 g de HCPR y se analizó en el colorímetro CR-400 (Konica Minolta Sensing, INC., Japón), donde se determinó los parámetros valores 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 utilizaron para hallar el °tono (°h)[15].

- **Actividad de agua**

Se pesó 1 g de HCPR y se analizó un equipo de medición de contenido de agua por punto de rocio marca Aqualab, la muestra se colocó en el portamuestras del equipo. La medición se realizó por triplicado[15].

c) Evaluación microbiológica

Se pesó 10 g de muestra y se colocó en un frasco conteniendo 90 mL de agua peptonada estéril (dilución 10^{-1}), para la dilución 10^{-2}, se adicionó 1 mL de la muestra en un tubo de ensayo conteniendo 9 mL de solución salina. Por último, para la dilución 10^{-3} se agregó 1 mL de la dilución 10^{-2}. Se evaluaron los microorganismos de acuerdo a lo establecido por NTS 071-2008[56].

- **Recuento de mohos y levaduras**

De las diluciones 10^{-2} y 10^{-3} se tomó 100 uL y se colocó sobre la superficie de agar dextrosa papa, se realizó la extensión con una espátula de Drigalsky estéril. Las placas se incubaron a temperatura ambiente (20-25°C) por 5 días. Se consideró las placas con contenido de 30 a 300 colonias[57].

- ***Escherichia coli***

Se adicionó 100 uL de las diluciones 10^{-2} y 10^{-3} en la superficie de las placas con agar MacConkey, se realizó la extensión por toda la superficie utilizando asa de Drigalsky estéril. Las placas se incubaron a 37 ºC por 24 horas[57].

- ***Salmonella* sp.**

Se pesó 25 g de HCPR en un frasco de 250 mL conteniendo 225 mL de caldo de pre-enriquecimiento, se incubó a 35-37°C por 18 a 24 horas. Después se tomó 1 mL y se colocó a tubos con 10 mL de caldo selenito y 10 mL de caldo tetrationato verde brillante, se incubó a 35-37°C por 18 a 24 horas. Después se inoculó en agar XLD. Se incubó a 37°C x 24 h y se verificó la presencia de colonias características[57].

4.4.3 Evaluación tecnológica de harinas de cáscaras de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

Las propiedades tecnológicas de las harinas se evaluaron mediante los siguientes ensayos:

4.4.3.1 Capacidad de absorción de agua (CAA)

Se pesó 0,5 g de HCPR en un tubo de centrifuga de 15 mL. A cada muestra, se adicionó 5 mL de agua destilada y se homogenizó. Se mantuvo a temperatura ambiente (25°C) durante 30 min y luego se centrifugó por 10 min a 4000 RPM. Por último, se eliminó el sobrenadante y se pesó el tubo con el residuo. Se calculó mediante la ecuación 11 y los resultados fueron expresados en gramos de agua por gramo de muestra[58].

$$CAA = \frac{Peso\ residuo(g) - Peso\ inicial(g)}{Peso\ inicial\ (g)}\ (Ecuación\ 11)$$

4.4.3.2 Capacidad de absorción de aceite (CAa)

Se pesó 0,5 g de HCPR (Peso inicial) en un tubo de centrifuga de 15 mL. A cada muestra, se adicionó 5 mL de aceite vegetal y se homogenizó. Se mantuvo a temperatura ambiente (25°C) durante 30 min y luego se centrifugó por 10 min a 4000 RPM. Por último, se eliminó el sobrenadante y se pesó el tubo con el residuo (Peso del residuo). Se calculó mediante la ecuación 12 y los resultados fueron expresados en gramos de aceite por gramo de muestra[58].

$$CAa = \frac{Peso\ residuo(g) - Peso\ inicial(g)}{Peso\ inicial\ (g)}\ (Ecuación\ 12)$$

4.4.3.3 Capacidad de hinchamiento (CH)

Se pesó 0,5 g de HCPR en un tubo graduado de 15 mL y se midió el volumen inicial ocupado. A cada muestra se adicionó 5 mL de agua destilada y se agitó suavemente para homogenizar la muestra. Se dejó en reposo durante 16 horas a temperatura ambiente. Posteriormente se midió el volumen final ocupado por las muestras. Se calculó mediante la ecuación 13 y los resultados fueron expresados en (mL/g) [59].

$$CH = \frac{Volumen\ final\ (mL) - Volumen\ inicial(mL)}{Peso\ de\ la\ muestra\ (g)}\ (Ecuación\ 13)$$

4.4.3.4 Capacidad y estabilidad emulsificante (CE y EE)

Se pesó 0,5 g de HCPR en un tubo graduado de 15 mL. A cada muestra se adicionó 5 mL de aceite y 5mL de agua destilada, se agitó suavemente para homogenizar la muestra y formarse la emulsión. La emulsión fue centrifugada a 4000 RPM por 5 minutos. La estabilidad de la emulsión fue estimada después

de calentar la emulsión a 80°C por 30 minutos, luego enfriándolo y centrifugándolo a 4000 RPM por 15 minutos. Los resultados fueron expresados en porcentaje determinados como la relación entre la altura de la capa de emulsión y la altura total de la mezcla, se calculó mediante las siguientes ecuaciones[33].:

$$\% \, CE = \frac{Altura \; de \; la \; capa \; emulsionada}{Altura \; total \; del \; tubo} x100 \; (Ecuación \; 14)$$

$$\% \, EE = \frac{Altura \; de \; la \; capa \; emulsionada}{Altura \; total \; del \; tubo} x100 \; (Ecuación \; 15)$$

4.4.3.5 Capacidad mínima de gelificación (CMG)

Se prepararon diluciones de harina a 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 % (g/mL) en 5 mL de agua destilada. Se calentó a 90°C por 1 hora en baño maría. Luego las muestras fueron enfriadas y mantenidas a 2°C por 2 horas. La concentración mínima de gelificación fue determinada por el tubo que al ser invertido no cae la solución. Los resultados se expresaron utilizando las abreviaciones NV: No viscoso, V: Viscoso y G: gel[33].

4.4.4 Caracterización funcional de harinas de cáscaras de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

4.4.4.1 Cuantificación de fibra dietética

El contenido de fibra dietética de harina se determinó mediante el método enzimático- gravimétrico utilizando un kit de ensayo (Supelco)[60].

a. Digestión enzimática

Se trabajó con 2 dos muestras, una corresponde a la muestra y la otra al blanco. Se peso 1 g de HCPR y se colocó en un vaso de precipitado. Se agregó 40 mL de la solución tampón MES/TRIS. Se controló el pH y se ajustó a 8,3 con hidróxido de sódico al 5%. Se agregó 50 µL de α-amilasa y se incubó durante 30 min a una temperatura de 95°-100°C. Luego se agregó 50 µL de proteasa y se incubó a 60°C durante 30 min. Después se agregó 5 ml de ácido clorhídrico (0,56 mol/l) y se ajustó el valor pH a un valor de 4,0 - 4,7 a 60 °C con hidróxido sódico al 5 % o con ácido clorhídrico al 5 %. Por último, se agregó 150 µL amiloglucosidasa y se incubó a 60°C x 30 min[60].

b. Contenido de fibra dietética insoluble (FDI)

Tras la degradación enzimática, los líquidos de los vasos de precipitados se filtraron con embudos Buchner. Se enjuagaron con 10 ml de agua a 70 °C,15 ml de etanol al 78 %, etanol al 95 % y acetona. Se dejaron secar los embudos durante la noche a 105 °C, se enfriaron y luego se pesaron en una balanza digital[60].

c. Contenido de fibra dietética soluble (FDS)

El líquido obtenido en el filtrado de la determinación de fibra dietética soluble se trasladó a los vasos de precipitados. Se adicionó una cantidad 4 veces mayor de etanol al 95 % calentado a 60 °C. El precipitado formado se dejó reposar durante 1 h a temperatura ambiente. Posteriormente se filtraron con embudos Buchner donde los residuos se enjuagaron con 15 ml de etanol al 78 %, 10 ml de etanol al 95 %, y con 10 ml de acetona. Por último, se secaron durante la noche a 105 °C, se enfriaron y pesaron en una balanza analítica[60]. El cálculo del contenido de fibra dietética total se realizó con la ecuación 17 y se obtuvo la relación FDI/FDS.

$$\text{FDT}\ (\%) = \text{FDI}(\%) + \text{FDS}(\%)\ (Ecuación\ 17)$$

4.4.4.2 Compuestos fenólicos

Obtención de extractos de harina de cáscara de pitahaya roja

Se prepararon 2 extractos hidroalcohólicos y 2 acuosos a temperaturas de 37° C y 75° C.

Para los 4 extractos se pesó aproximadamente 0,1 g de HCPR, luego se colocaron en matraces volumétrico de 250 mL, para los extractos acuosos, se agregó 50 mL de agua y para los extractos hidroalcohólicos se agregó 25 mL de agua y 25 mL de etanol 96°. A continuación, se llevaron a un agitador magnético a las temperaturas de 37°C y 75°C por 1 hora para ambos casos.

Los extractos fueron centrifugados a 3000 RPM por 10 minutos, luego los sobrenadantes fueron trasvasados a unos crioviales, donde se guardaron en congelación hasta su posterior uso[61].

Procedimiento para la determinación de compuestos fenólicos

Se mezcló 1 mL de cada uno de los extractos de harina con 0,5 mL de reactivo Folin al 10%. Luego se homogeneizó con un agitador magnético y se dejó reposar por 6 minutos. Luego se adicionó 1 mL de carbonato de calcio (20% w/w). La mezcla fue dejada en oscuridad por 2 horas y luego se procedió a leer a 760 nm en un espectrofotómetro. Los resultados fueron expresados en mg de equivalente ácido gálico (EAG) por 100 g de harina[42].

4.4.4.3 Capacidad antioxidante

Método ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))

Se trabajó con las muestras previamente preparadas en el análisis de componentes fenólicos. Se detalla a continuación el procedimiento[45].

Preparación del radical ABTS: Se preparó una solución de ABTS 7 mM y se hizo reaccionar con persulfato de potasio 2,45 Mm. Esta mezcla se dejó reaccionar en la oscuridad a temperatura ambiente durante 16 h antes de su uso.

Preparación del estándar: Se usó TROLOX a diferentes concentraciones desde 1,25 hasta 4.5 µg/mL y se tomó 30 µL de cada una de las concentraciones para la curva de calibración.

Preparación de la muestra: Se tomó 30 µL de muestra y se mezcló con el radical ABTS hasta 1000 µL, se leyó a 734 nm. Los resultados fueron expresados µmol de Equivalente trolox por cada g de harina. La inhibición de radicales libres por ABTS en porcentaje (%) se calculó utilizando la siguiente fórmula: Inhibición (%) = [A control – A muestra / A control]x 100, donde A control es la absorbancia de la reacción de control (que contiene todos los reactivos excepto la muestra de prueba) y A muestra es la absorbancia de la muestra de prueba. La concentración que proporciona una inhibición del 50% (IC_{50}) fue expresada en mg/mL.

Método ORAC-PGR (Oxegen Radical Absorbance Capacity- Pyrogallol red)

Se realizó la mezcla de reacción que contiene 20 µL de PGR 64 µM, y 25 a 90 µL de muestra. Esta solución fue preincubada durante 30 min a 37°C. Se añadió la solución 21 µL de AAPH 120 mM previamente incubado a 37°C al pocillo de la microplaca, se completó a 250 µL con buffer fosfato (75 mM, pH 7.4). Se colocó inmediatamente en el lector, se agito automáticamente y se registraron las unidades de absorción (A) cada 30 s durante 180 min. Los valores de absorbancia recopilados se trazaron como (A/A0) en función del tiempo de

incubación[47].El resultado se expresó en µmol equivalente trolox por cada g de harina.

4.5 Análisis estadístico

Para la organización de datos, promedio y desviación estándar de las características fisicoquímicas y tecnológicas se utilizó el programa Excel 2019. Las diferencias significativas de las medias de los extractos a diferentes temperaturas para la determinación de contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, se evaluaron a través de la prueba de rangos múltiples de Tukey con nivel de significancia de 0,05; utilizando el programa estadístico Statgraphics 19- Versión 19.4.02.

V. RESULTADOS

5.1 Obtención y caracterización de la harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

5.1.1 Caracterización de la cáscara de pitahaya roja

La tabla 1 muestra el rango amplio de peso del fruto de pitahaya roja (105, 53 - 450,06 g) y el porcentaje de cáscara representa (29,19 ± 1,14%) y la pulpa-semillas (64,09 ± 1,60%) respecto al fruto entero.

Tabla 1. Rendimiento de la cáscara de pitahaya roja

Características	Valores ($\bar{x}$ ± DE)
Peso del fruto (g)	105,53-450,06
Cáscara fresca (%)	29,19± 1,14
Pulpa-semillas (%)	64,09± 1,60

Datos expresados como media ± Desviación Estándar (n=20)

La tabla 2 muestra las diferencias organolépticas de la pulpa y cáscara, la cáscara presenta un aspecto fibroso-mucilaginoso. Con respecto al color la pulpa era color púrpura mientras que la cáscara era rojiza, por último, en el sabor la cáscara no presenta sabor y la pulpa era ligeramente dulce.

Tabla 2. Características organolépticas de la cáscara y pulpa de pitahaya roja.

Características	Pulpa	Cáscara
Aspecto	Jugoso	Fibroso-Mucilaginoso
Color	Púrpura	Rojizo
Olor	Característico del fruto	Característico del fruto
Sabor	Ligeramente dulce	Neutro

Realizado por triplicado (n=3)

La tabla 3 muestra las diferencias fisicoquímicas entre la pulpa y cáscara de pitahaya roja, se observa que la humedad de la cáscara es alta (90,89 ± 0,32%), la pulpa presenta un pH menor (4,63 ± 0,01) que la cáscara (5,42 ± 0,01). Además, se encontró una gran diferencia respecto a los sólidos solubles totales en la pulpa (13,52 ± 0,12 °Brix) con relación a la cáscara (4,50 ± 0,00 °Brix). La acidez titulable de la pulpa (0,18 ± 0,01 %) mayor que de la cáscara (0,11 ± 0,01 %). Por último, se obtuvo un índice de madurez (75,11 ± 0,35 °Brix/%).

Tabla 3. Características fisicoquímicas de la pulpa y cáscara de pitahaya roja

Características	Pulpa	Cáscara
	x̄ ± DE	x̄ ± DE
Humedad (%)	-	90,89 ± 0,36
pH	4,63 ± 0,01	5,42 ± 0,01
Acidez titulable (%)*	0,18 ± 0,01	0,11 ± 0,01
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	13,52 ± 0,12	4,50 ± 0,00
Índice de madurez (°Brix/%)	75.11 ± 0,35	-

Datos expresados como media ± Desviación Estándar (n=3)

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

5.1.2. Obtención de la harina de cáscara de pitahaya roja

La figura 2 muestra que la HCPR presento un aspecto en polvo homogéneo y de color rojizo característico



Figura 2. Harina obtenida de la cáscara de *Hylocereus monacanthus* "pitahaya roja"

5.1.3 Caracterización de la harina de cáscara de pitahaya roja

La tabla 4 muestra que, la cáscara fresca constituye el 29,97% del fruto de pitahaya roja. El rendimiento de HCPR fue de 9,51% respecto a la cáscara fresca.

Tabla 4. Rendimiento de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

Pitahaya roja (fruta entera)	Cáscara fresca (entera)	Cáscara seca (en trozos)	HCPR
10051 g	3012 g	307,14 g	286,53 g
100%	29,97%	10,20%	9,51%

En la tabla 5 se detalla las características organolépticas de la harina de cáscara de pitahaya roja, se obtuvo un aspecto fino-granular de color rojizo, con un olor característico herbáceo y de sabor neutro.

Tabla 5. Características organolépticas de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

Características	Resultado
Aspecto	Fino-Granular
Color	Rojizo
Olor	Herbáceo
Sabor	Insípido

Realizado por triplicado (n=3)

La tabla 6 muestra que la malla del tamiz N° 60 registró el mayor porcentaje de HCTM retenido con (29,79%) y el menor porcentaje retenido se tuvo con la malla N° 100 con (12,40%). Además, la harina de cáscara de pitahaya roja presentó el MF de 2,72.

Tabla 6. Evaluación granulométrica de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

F*	N° de tamiz	Abertura (µm)	% retenido	% retenido acumulado	Subtotal (%retenido x F*)
5	40	450	7,41	7,41	37,05
4	60	250	29,79	37,20	119,16
3	80	180	26,01	63,21	78,03
2	100	150	12,40	75,61	24,80
1	120	125	16,63	92,24	16,63
0	Fondo	-	7,76	100	0
-	**Total**		100		271,89
	Módulo de finura (MF)			2,72	

F*= Factor de tamiz

La tabla 7 presenta las características fisicoquímicas de la harina de cáscara de pitahaya roja, se evidencia menor humedad (6,74 ± 0,85%), pH (5,18 ± 0,01) y actividad de agua (0,35 ± 0,01 a_w). Alto contenido de cenizas (10,26 ± 0,36%), acidez titulable (0,98 ± 0,03%) y sólidos solubles totales (40,00 ± 0,08 °Brix).

Tabla 7. Características fisicoquímicas de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

Características	Resultado
	$\bar{x}$ ± DE
Humedad (%)	6,74 ± 0,85
pH	5,18 ± 0,01
Actividad de agua (a_w)	0,35 ± 0,01
Cenizas (%)	10,26 ± 0,36
Acidez titulable (%) **	0,98 ± 0,03

Sólidos Solubles Totales (°Brix)	40,00 ± 0,08

Datos expresados como media ± Desviación Estándar (n=3)

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

La tabla 8 presenta el análisis de color de la harina, los valores para el parámetro de luminosidad (L*) fue de (44,76 ± 0,10) y para las coordenadas cromáticas, para a* (23,79 ± 0,34) y b* (2,46 ± 0,02). Por último, para el tono (h) (5,91 ± 0,08).

Tabla 8. Análisis de color de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

Parámetro	$\bar{x}$ ± DE
L*	44,76 ± 0,10
a*	23,79 ± 0,34
b*	2,46 ± 0,02
h	5,91 ± 0,08

En la tabla 9 se evidencia que el recuento de mohos tuvo un resultado de <10 UFC/g, para *Escherichia coli*,<10 UFC/g y para *Salmonella* sp, Ausente/25g.

Tabla 9. Caracterización microbiológica de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

Microorganismo	Resultado
Mohos y levaduras	<10 UFC/g
Escherichia coli	<10 UFC/g
Salmonella sp.	Ausente/25g

5.1.4 Caracterización tecnológica de la harina de cáscara de pitahaya roja

La tabla 10 muestra que la harina presenta buena capacidad de absorción de agua (8,30 ± 0,80 g/g) y de aceite (1,24 ± 0,11 g/g). La capacidad de hinchamiento (8,10 ± 0,60 mL/g). Asimismo, muestra que la capacidad emulsificante es alta (46,45 ± 1,08 %) y estabilidad emulsificante (53,68 ± 0,05 %).

Tabla 10. Características tecnológicas de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

Características	Valores
Capacidad de absorción de agua (g/g)	8,30 ± 0,80
Capacidad de absorción de aceite (g/g)	1,24 ± 0,11
Capacidad de hinchamiento (mL/g)	8,10 ± 0,60
Capacidad emulsificante (%)	46,45 ± 1,08
Estabilidad emulsificante (%)	53,68 ± 0,05

Datos expresados como media ± Desviación Estándar (n=3)

La tabla 11 muestra que la concentración mínima de HCPR en la que se forma gel con el agua es al 8%.

Tabla 11. Concentración mínima de gelificación (CMG) de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

% HCPR	Resultado	CMG
2	No Viscoso	
4	No Viscoso	
6	Viscoso	8 %
8	Gel	
10	Gel	
12	Gel	
14	Gel	

5.1.5 Caracterización funcional de la harina de cáscara de pitahaya roja

La tabla 12 muestra que la harina de cáscara de pitahaya roja presentó alto contenido de FDT de (58,64 ± 0,08 %), FDI (42,30 ± 0,29 %) y FDS (16,34 ± 0,10 %). La relación entre la FDI/FDS fue de 2,59:1.

Tabla 12. Contenido de fibra dietética de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

Fibra dietética	Resultado
Fibra Dietética soluble (FDS) (%)	16,34 ± 0,10
Fibra Dietética Insoluble (FDI) (%)	42,30 ± 0,29
Fibra Dietética Total (FDT) (%)	58,64 ± 0,08

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

La tabla 13 evidencia que el contenido de compuestos fenólicos de las muestras del extracto hidroalcohólico a 37ºC y extracto hidroalcohólico a 75ºC contienen mayor cantidad de compuestos fenólicos con 827,5522 ± 1,05 y 855,1338 ± 0,33 mg EAG/100g harina, respectivamente en relación con las muestras del extracto acuoso a 37ºC y extracto acuoso a 75ºC con 628,3799 ± 0,33 y 727,3519 ± 0,51 EAG/100g, respectivamente. Los resultados fueron expresados mg de Equivalente ácido gálico/ 100 g de harina.

Tabla 13. Contenido de compuestos fenólicos de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

Extractos de HCPR	Compuestos fenólicos (mg EAG/100g)
Extracto acuoso a 37ºC	628,3799 ± 0,33[a]
Extracto acuoso a 75ºC	727,3519 ± 0,51[b]
Extracto hidroalcohólico a 37ºC	827,5522 ± 1,05[c]
Extracto hidroalcohólico a 75ºC	855,1338 ± 0,33[d]

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

La tabla 14 evidencia que las muestras del extracto hidroalcohólico a 37ºC y extracto hidroalcohólico a 75ºC presentan los mayores valores con 116,8625 ± 066 y 125,0026 ± 1,87 µmol ET/g, respectivamente en relación con las muestras extracto acuoso a 37ºC y extracto acuoso a 75ºC con 103,0020 ± 1,64 y 111,6174± 2,79, µmol ET/g respectivamente. Con respecto al IC50 ocurre lo contrario, las muestras del extracto acuoso a 37ºC y extracto acuoso a 75ºC presentan mayores valores con 3,9253 y 3,4381 mg/mL de extracto, respetivamente en comparación con las muestras extracto hidroalcohólico a 37ºC y extracto hidroalcohólico a 75ºC con 3,2876 y 3,1657 mg/mL de extracto, respectivamente. Los resultados fueron expresados µmol de Equivalente trolox/ 100 g de harina y el IC50 en mg/ mL.

Tabla 14. Determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS de la harina de cáscara de pitahaya roja (HCPR)

Extractos	IC_{50} (mg/mL de extracto)	µmol ET/g
Extracto acuoso a 37ºC)	3,9253	103,0020 ± 1,64[a]
Extracto acuoso a 75ºC	3,4381	111,6174± 2,79[b]
Extracto hidroalcohólico a 37ºC	3,2876	116,8625 ± 066[b]
Extracto hidroalcohólico a 75ºC	3,1657	125,0026 ± 1,87[c]

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

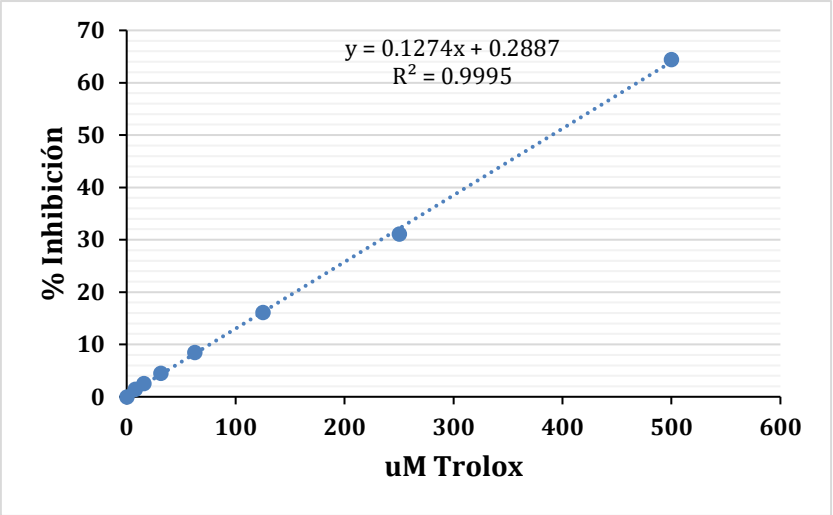

Figura 3. Curva de calibración por ABTS muestra la concentración de trolox (uM trolox) vs % de inhibición, se verifica que el valor de R^2 (0,9995) es cercano a 1.

La tabla 15 evidencia que el extracto acuoso a 37ºC presenta mayor porcentaje de inhibición con respecto al extracto acuoso a 75 ºC.

Tabla 15. Porcentaje de inhibición de ABTS a diferentes concentraciones de los extractos acuosos de HCPR a 37°C y 75°C

Extracto acuoso de HCPR (µL)	% de Inhibición	
	(Extracto a 37°C)	(Extracto a 75°C)
0	0	0
10	8,3076	3,5435
20	13,6410	7,0349
50	27,8974	16,9359
100	41,2307	30,7451
150	52,8205	43,7727
200	64,8717	59,0932

La tabla 16 evidencia que los extractos hidroalcohólicos a 37 °C y 75 °C presentan % de inhibición similares en las diferentes concentraciones.

Tabla 16. Porcentaje de inhibición de ABTS a diferentes concentraciones de los extractos hidroalcohólico de HCPR a 37°C y 75°C

Extracto hidroalcohólico de HCPR (µL)	% de Inhibición	
	(Extracto a 37°C)	(Extracto a 75°C)
0	0	0
10	3,5786	3,6628
20	6,3508	7,5263
50	17,1370	18,2639
100	31,9556	33,6176
150	46,3205	49,5233
200	62,6008	63,5725

La tabla 17 muestra que el extracto acuoso a 37ºC y extracto acuoso a 75ºC presentan mayores valores con 125,4746 ± 9,47 y 103,4355 ± 2,98, µmol ET/g, respectivamente en relación con extracto hidroalcohólico a 37ºC y extracto acuoso a 75ºC con 32,5992 ± 5,95 y 77,4713 ± 7,67 µmol ET/g, respectivamente. Los resultados fueron expresados en µmol Equivalente trolox/ g de harina.

Tabla 17. Determinación de la capacidad antioxidante por el método ORAC-PGR

Extractos de HCPR	(µmol ET/g)
Extracto acuoso a 37ºC	32,5992 ± 5,95[a]
Extracto acuoso a 75ºC	125,4746 ± 9,47[b]
Extracto hidroalcohólico a 37ºC	77,4713 ± 7,67[c]
Extracto hidroalcohólico a 75ºC	103,4355 ± 2,98[d]

Datos expresados como media ± Desviación Estándar (n=3)

Los superíndices (a, b, c y d) en la columna indican diferencias significativas entre las fórmulas según la prueba estadística Tukey ($p < 0,05$)

VI. DISCUSIÓN

El peso promedio del fruto fue de 105,53 - 450,06 g. Según Tel-Zur[62], *H. undatus* y *H. monacanthus* tienen frutos con escamas grandes, cuyo peso varia de 200 a 600 g, sin embargo, *H. megalanthus* da frutos de tamaño mediano de 80 a 200 g de peso. Este peso es muy variable entre las especies de *Hylocereus*. El porcentaje de cáscara del fruto de pitahaya roja fue de 29,19 ± 1,14% y pulpa de 64,09 ± 1,60%. Estos valores son cercanos con los reportados por Jamilah *et. al* [13] en *H. polyrhizus* cuya cáscara fue de 21,98 ± 1.04 % y 64,50 ± 1.68% de pulpa. Estas diferencias se deben a los distintos grosores de las cáscaras para cada especie. También a medida que aumenta el tiempo de maduración, el porcentaje de cáscara disminuye y el porcentaje de pulpa aumenta[63].

Se obtuvo una humedad para la cáscara de 90,89 ± 0,32%, resultados casi semejantes a Lupuche *et. al* [64] para la cáscara de *H. monacanthus* (90,00 ± 0,0%), así mismo a los encontrados por Jamilah *et. al* [13] para la cáscara de *H. polyrhizus* (92,65 ± 0,10%). Estos valores cercanos de humedad para las cáscaras de *H. monacanthus* se deben a que corresponden a la misma especie y además provienen del mismo país; con respecto a *H. polyrhizus* proviene de Malasia.

El pH para la cáscara fue de 5,42 ± 0,01 valor parecido al encontrado por Jamilah *et. al* [13] (5,06 ± 0,01) para *H polyrhizus* y por Moreira *et. al* [22] (5,03 ± 0,12) para *H.costaricensis.* El pH tiene relación con el tiempo de maduración del fruto, al inicio el valor tiende a disminuir, debido a que se acumulan ácidos orgánicos, después empieza a aumentar, por el consumo de estos durante la respiración celular a medida que va madurando los frutos [65].

La acidez titulable para la cáscara fue de 0,11 ± 0,01% valor menor que el encontrado por Moreira *et. al* [22] para *H.costaricensis* (0,35 ±0,02%) pero mayor al encontrado por Torres *et. al* [16] para *Selenicereus megalanthus* (0,08 ± 0,01%). La acidez tiende a aumentar antes de que empiece el cambio de coloración de la cáscara, después tiende a disminuir a medida que madura el fruto[65].

Los sólidos solubles totales encontrados en la cáscara fue de 4,50 ± 0,00 ºBrix, menor a lo reportado por Jamilah *et. al*[13] para *H polyrhizus* (6,00 ± 0.00 ºBrix) pero mayor que lo reportado por Torres *et. al* [16] *Selenicereus*

megalanthus (3,87 ± 1, 62º Brix). Este parámetro varía de acuerdo a la maduración del fruto, el valor tiende a aumentar por la degradación de polisacáridos durante su maduración y normalmente es evaluado en la pulpa ya que es un indicativo de sabor y madurez óptima[65].

Con respecto, al índice de madurez de los frutos evaluados fue de 75,11 ± 0,35 Brix/% AT, mayor que a lo reportado por Obregón *et. al* [66] para *H. undatus* (53.17 ± 7.12 °Brix/% AT) y menor que a lo reportado por Chauca *et. al* [67] para *Selenicereus megalanthus* (87,00 ± 0,00 °Brix/% AT). Esta relación esta influenciada por la cantidad de sólidos solubles totales y acidez titulable. Los diferentes resultados obtenidos varían dependiendo de la especie ya sea de pitahaya roja o amarilla, debido a que esos parámetros independientes difieren entre sí [65].

Las cáscaras frescas se secaron en una estufa a 60ºC por 42 horas, en otro estudio realizado por Utpott *et. al*[19] para *H. polyrhizus*, las cáscaras se secaron en un horno con aire circulante a 60ºC por 9 horas y al realizado por Moreira *et. al*[22] para *H. costaricensis*, las cáscaras se secaron en un horno a 55 ºC por 72 horas. De acuerdo con Santos *et. al* [4], las diferencias entre el tiempo de secado varían por el equipo de secado, el flujo de aire y la temperatura. Así como también depende del grosor de la cáscara que se pretende secar, ya que varía para cada especie[68]. Las temperaturas recomendadas varían de 50 a 60 °C, por que minimiza las pérdidas de polifenoles, taninos, antocianinas y proteínas[4]. Por último, el secado tiene influencia en la calidad del producto final, en este estudio se obtuvo una harina color rojizo.

El rendimiento de la HCPR fue de 9,51% con respecto a la cáscara fresca. No existen referencias de rendimiento en la misma especie; sin embargo, el rendimiento fue ligeramente menor que a lo reportado por Atarama[69]en la harina de cáscara de *Opuntia ficus-indica* (12,28%). Las diferencias se deben a que se tratan de especies distintas.

En la evaluación granulométrica de la harina, la malla N° 60 (250 µm) registró el mayor porcentaje de retención y módulo de finura de 2,72; resultados cercanos a los obtenidos por Santos[70] en las harinas de cáscaras de piña, plátano, lycche y papaya, las cuales tuvieron los mayores porcentajes de retención al mismo número de malla. Además, los módulos de finura fueron

(2,67 ± 0,14); (2,91 ± 0,05); (2,74 ± 0,06) y (3,32 ± 0,04); respectivamente. El MF de 2 a 4 se define como una molienda media[71].El tamaño de partícula es importante debido que se pueden aprovechar mejor los nutrientes por el aumento del área superficial, pero también facilita la integración con otros ingredientes[70,10].

La humedad de la harina obtenida fue de 6,74 ± 0,85%, valor cercano a lo reportado por Moreira *et. al*[22] para la harina de cáscara de *H. costaricensis* (5,25 ± 0.36%) y menor a lo reportado por Utpott *et. al*[19] para la harina de cáscara de *H. polyrhizus* (12,38 ± 0,56%). El resultado fue menor del 15% recomendado para harinas[72].

El pH de la harina fue de 5,18 ± 0,01, mayor que a lo reportado por Utpott *et. al*[19] para la harina de cáscara de *H. polyrhizus*[19] (4,07 ± 0,01) y a lo reportado por Moreira *et. al* [22] para la harina de cáscara de *H. costaricensis* [22] (4,45 ± 0,03). El pH obtenido se encuentra por debajo del rango de crecimiento de bacterias (6.5 - 7.0)[22].

La actividad de agua de la harina fue de 0,35 ± 0,01 a_w cercano a lo reportado por Moreira *et. al* [22] para la harina de cáscara de *H. costaricensis*[22] (0,35 ± 0,00 a_w) pero mayor que lo reportado por Utpott *et. al*[19] para la harina de cáscara de *H. polyrhizus* (0,41 ± 0,05 a_w). Los diferentes resultados se deben a la diferencia de humedades de la harina obtenida. Una menor actividad de agua mejora la estabilidad del producto, evita reacciones químicas y crecimiento de microorganismos.

La acidez titulable de la harina fue de 0,98 ± 0,03% mayor que lo reportado por Moreira *et. al*[22] para la harina de cáscara de *H. costaricensis* (0,10 ± 0,01%), esta diferencia se debe a que son diferentes especies de pitahaya roja, la acidez puede tener influencia en el sabor y también ayuda a evitar el crecimiento de microorganismos[70].

El sólido soluble total de la harina fue de 40,00 ± 0,08°Brix menor que lo reportado por Utpott *et. al*[19] para la harina de cáscara de *H. polyrhizus*[19] (48,00 ± 6,73°Brix) y mayor que lo reportado por Atarama[69] para la harina de cáscara de *Opuntia ficus-indica*[70] (66,77± 1,75°Brix). Este parámetro es muy útil en la industria alimentaria debido que se utiliza para la corrección de los niveles de azúcar en la fabricación de jugos, néctares, etc[70].

El contenido de cenizas para la harina fue de 10,26 ± 0,36%, cercano a lo reportado por Chia *et al.*[15] para la harina de cáscara de *H. polyrhizus* proveniente de Malasia (10,57± 0,42%) y menor que lo reportado por Shiau *et al.*[8] para la harina de cáscara de *H. polyrhizus*[8] proveniente de Taiwan, (14,0± 0,00%). Estos resultados sugieren que la harina contiene una buena cantidad de minerales lo que impacta en su valor nutricional[21].

Respecto al análisis de color de la harina, se evaluaron 4 parámetros: L* (representa += más luminoso -= más oscuro), a* (representa + =más rojo, -= más verde), b* (representa + =más amarillo, -= más azul) y tono(h). La luminosidad (L*) fue de 44,76 ± 0,10 menos oscuro que lo reportado por Chia *et al.*[15] para *H. polyrhizus* (37,32 ± 0,27) y más oscuro que lo reportado por Moreira *et al.* [22] para *H. costaricensis* (66,82 ±1,01). Los cambios en la luminosidad se deben a la caramelización del azúcar en la cáscara de la pitahaya o una Reacción de Maillard que causa oscurecimiento durante el secado[15]. El valor de a* resulto de 23,79 ± 0,34 mayor que lo reportado por Chia *et al.*[15] para *H. polyrhizus* (13,56 ± 0,23) y a lo reportado por Moreira *et al.* [22] para *H. costaricensis* (3,51 ± 0,06). Este resultado evidencia que la harina obtenida tuvo un color más rojizo que las otras harinas. Se obtuvo b* con un valor de 2,46 ± 0,02 mayor que lo reportado por Chia *et al.*[15] para *H. polyrhizus* (0,97 ± 0,09) y menor que lo reportado por Moreira *et al.* [22] para *H. costaricensis* (17,90 ± 0,38). Por lo tanto, la harina de *H. costaricensis* presenta un color más amarillento respecto a los demás. Por último, h presento un valor de 5,91 ± 0,08 mayor que lo reportado por Chia *et al.*[15] para *H. polyrhizus* (3,61 ± 0,32). De acuerdo a la investigación realizada por Chia[15] el cual comparo este valor con el de la cáscara fresca que tuvo un valor de (3,69 ± 0,21) antes del secado, concluyendo que los valores obtenidos antes y después del secado son cercanos, por lo cual el color inicial de la cáscara fresca se conservó.

En cuanto a la evaluación microbiológica de la harina, el recuento de *Escherichia coli* y mohos resultó menor a 10 UFC/g y para la detección de S*almonella* sp. se evidenció ausencia/25g. Estos resultados cumplen con la NTS 071-2008 MINSA/DIGESA, donde establece los criterios microbiológicos de la harina de trigo[56].

La HCPR presentó capacidad de absorción de agua de 8,30 ± 0,80 g/g cercano a lo reportado por Utpott *et al* .[19] para la harina de cáscara de *H. polyrhizus* (8,72 ± 0.67 g/g) y menor que lo reportado por Hosseini *et al*[73] para la harina de cáscara de manzana (7,26 ± 0,13 g/g). Las harinas con mayores valores de CAA tienen más constituyentes hidrofílicos como polisacáridos, que permite unirse a más moléculas de agua. Esta propiedad es muy importante para aquellas preparaciones que involucran el manejo de la masa, como productos de panificación[34]. La capacidad de absorción de aceite para la HCPR fue de 1,24 ± 0,11 g/g mayor a lo reportado por Utpott *et al*[19]. para la harina de cáscara de *H. polyrhizus* (0,99 ± 0,09 g/g) y menor a lo reportado por Hosseini *et al*[73] para la harina de cáscara de manzana (2.32 ± 0.03 g/g). Esta capacidad se debe a la unión de las cadenas laterales no polares de los aminoácidos con las grasas. Esta propiedad ayuda a que las preparaciones hechas con estas harinas tengan una mayor retención, mejora del sabor y extensión de vida útil[34]. La capacidad de hinchamiento para la HCPR fue de 8,10 ± 0,60 mL/g cercano a lo reportado por Weng *et al*[21]. para las harinas de cáscara de *Pasiflora edulis* variedad amarilla (8,60 ± 0,13 mL/g) y menor que *Pasiflora edulis* variedad roja (9,24 ± 0,07 mL/g). La capacidad de hinchamiento se debe al contenido de almidón presente ya que este aumenta la capacidad de hinchamiento las harinas[34]. La capacidad de emulsificante para la HCPR fue de 46,45 ± 1,08 % mayor que los reportados por Dias *et al*[74]. para harinas de cáscara de cáscara *de Ananas comosus* "piña" (36,26 ± 0,20%), *Citrus reticulata* "mandarina" (28,00 ± 0,00%) y *Passiflora edulis* "maracuyá" (28,14 ± 1,03%). La capacidad de formar emulsiones depende del balance de los grupos hidrofílicos y lipofílicos presentes en los componentes de la fibra[34]. La estabilidad emulsificante de la HCPR fue de 53,68 ± 0,05 % mayor que los reportados por Dias *et al*[74] para las harinas de cáscara de Ananas *comosus* "piña" (28.00 ± 0.00%), *Citrus reticulata* "mandarina" (29,17 ± 0,00%) *Passiflora edulis* "maracuyá" (25.33 ± 1.33%). La estabilidad emulsificante de las proteínas está relacionada con su habilidad para reducir la tensión interfacial entre el aceite y el agua en la emulsión[34]. La concentración mínima de gelificación (CMG) de la HCPR fue de 8,00± 0,00% y de acuerdo con lo reportado por Dias *et al*[74] da un valor igual a para las harinas de cáscara de Ananas *comosus* "piña" (8,00 ± 0,00%),

menor a *Citrus reticulata* “mandarina” (9.00 ± 0.00%) mayor *Passiflora edulis* “maracuyá” (3.00 ± 0.00%). Cuando mayor es el valor de la CMG, mayor es la cantidad de harina necesaria para formar un gel y cuanto menor es la CMG, mejor es la capacidad gelificante de la harina[33].

La fibra dietética soluble de la HCPR fue de 16,34 ± 0,10% menor que lo reportado por Utpott *et* al[19] para la harina de cáscara de *H. polyrhizus* (23,96 ± 1,32%) y mayor que los reportado por Weng *et al* [21] para las harinas de cáscara de *Passiflora edulis* variedad amarilla (13,71 ± 0,28%) y *Passiflora edulis* variedad roja (13,56 ± 0,10%), este tipo de fibra se asocia con la capacidad de absorción de agua y capacidad de hinchamiento, por lo cual estos parámetros influyen en su contenido. Las fibras dietéticas solubles incluyen beta-glucano, pectina, gomas e inulina[36], Según las investigaciones previas, la cáscara de *H. monacanthus* es una fuente rica de pectina[24]. La fibra dietética insoluble de la HCPR fue de 42,30 ± 0,29% mayor que lo reportado por Utpott *et* al[19] para la harina de cáscara para *H. polyrhizus* (41,63 ± 2,97%) y menor que lo reportado por Weng *et al* [21] para la harina de cáscara de *Passiflora edulis* variedad amarilla [21] (31,36 ± 0,86%) y *Passiflora edulis* variedad roja (33,77 ± 0,80%). Este tipo de fibra tiene influencia en la capacidad de absorción de aceite[36]. Por lo tanto, la fibra dietética total de la HCPR fue de 58,64 ± 0,08% menor que lo reportado por Utpott *et* al[19] para la harina de cáscara de *H. polyrhizus* proveniente de Malasia (65,59 ± 1,65%) y a lo reportado por Hsu *et* al[20] para la harina de cáscara de *H. polyrhizus* (61,9 ± 0,00%) proveniente de Taiwan pero mayor que lo reportado por Weng *et al* [21] para las harinas de cáscara de *Passiflora edulis* variedad amarilla (45,18 ± 0,21 %) *Passiflora edulis* variedad roja (47,39 ± 0,53%). Estas diferencias entre pitahaya roja, se puede deber a la diferencia de especies, así como también al tamaño de partícula trabajado, las dos variedades de H. *polyrhizus*[19,20] se tamizaron con malla Nº 60 y en este estudio con Nº 20. Según Zhuang *et al.* [75] existen variaciones entre el tamaño de partícula del polvo con la cantidad de fibra dietética total. La relación (FDI/FDS) para *H. monacanthus* fue de (2,59:1) mayor que la harina de cáscara de *H. polyrhizus*[19] proveniente de Malasia (1,23:1) y para la harina de cáscara de *H. polyrhizus* proveniente de Taiwan [20] (1,7:1). La proporción adecuada entre la fibra dietética insoluble/fibra dietética soluble (FDI/FDS) debe ser cercana

a (3:1)[19]. Por lo tanto *H. monacanthus* presento una mejor proporción entre las pitahayas rojas.

El contenido de compuestos fenólicos se realizó en los extractos de la harina de cáscara de pitahaya roja a distintas condiciones, se evidencio que las muestras del extracto hidroalcohólico (37ºC) y extracto hidroalcohólico (75ºC) contienen mayor cantidad de compuestos fenólicos con 827,5522 ± 1,05 y 855,1338 ± 0,33 mg EAG/100g, respectivamente, con relación a las muestras del extracto acuoso (37ºC) y extracto acuoso (75ºC) con (628,3799 ± 0,33) y 727,3519 ± 0,51 EAG/100g, respectivamente. Así como también los extractos obtenidos a la temperatura de 75ºC fueron ligeramente mayores a los obtenidos a 37ºC. Según un estudio realizado por Chia *et al.*[15] para el extracto acuoso de la harina de cáscara de *H. polyrhizus*, reporto un resultado cercano con (784 ± 0,33 EAG/100g). En relación con otro estudio realizado por Torres *et al* .[16], se encontró un mayor contenido para el extracto hidroalcohólico de cáscara de *Selenicereus megalanthus* (1333,33 mg EAG /100g). Por último, Zhuang *et al.* [75] encontró para el extracto hidroalcohólico de cáscara de *H undatus* con (775 mg EAG /100g). Los principales ácidos fenólicos presentes en la cáscara son ácido clorogénico, ácido caftárico, ácido siríngico, ácido cumarico y ácido ferúlico[31]. Estas diferencias en los valores se pueden deber a la utilización de diversos solventes para su extracción, también a la variedad de la especie y al origen.

La actividad antioxidante mediante el método ABTS dio un resultado mayor para las muestras del extracto hidroalcohólico (37ºC) y extracto hidroalcohólico (75ºC) con 116,8625 ± 066 y 125,0026 ± 1,87 µmol ET/g, respectivamente; respecto a las muestras extracto acuoso (37ºC) y Extracto acuoso (75ºC) con 103,0020 ± 1,64 y 111,6174± 2,79 µmol ET/g respectivamente. Este resultado fue menor a lo reportado por Wu *et al*[76] con (175 ± 15.7 µmol ET/g). En otro estudio realizado por Silva[77], donde evaluaron los extractos acuosos (EA) y etanolicos (EE) de las harinas de cáscara de *Ananas comosus* (EA:23.80 ± 0.69 µmol ET/g) y (EE:17.83 ± 1.29 µmol ET/g); *Litchi Chinensis* (EA: 21.94 ± 1.22 µmol ET/g) y (EE: 21.04 ± 1.79 µmol ET/g); *Carica papaya* (EA: 28.27 ± 1.36 µmol ET/g) y (EE: 20.01 ± 1.08 µmol ET/g), los resultados fueron menores a los encontrados en este estudio. Además, el solvente que mejor extrajo fue el acuoso. En relación al IC50, las

muestras del extracto acuoso (37ºC) y extracto acuoso (75ºC) presentan mayores valores con 3,9253 mg/mL y 3,4381 mg/mL, respetivamente en comparación con las muestras extracto hidroalcohólico (37ºC) y extracto hidroalcohólico (75ºC) con 3,2876 y 3,1657 mg/mL de extracto, respectivamente. Estos resultados son menores con lo reportado por Ramos *et al*[17] para la harina de cáscara de *Passiflora caerulea* (21,1 mg/ mL) y a lo reportado por Ordoñez *et al*[78] para la cáscara de *Opuntia ficus indica Mill* variedad amarilla (16,59 ± 0,19 mg/mL) y para la variedad morada (9,19± 0,65 mg/mL). Cuando menor es el valor de IC50 mayor es la capacidad antioxidante. Por lo tanto, la harina de cáscara de pitahaya roja presenta mejor capacidad antioxidante que la tuna. La capacidad antioxidante por el método ORAC-PGR presentan mayores valores para el extracto acuoso (75ºC) y extracto hidroalcoholico (75ºC) con 125,4746 ± 9,47 µmol ET/g y 103,4355 ± 2,98 µmol ET/g, respectivamente en relación con el extracto acuoso (37ºC) y extracto hidroalcoholico (37ºC) con 32,5992 ± 5,95 µmol ET/g y 77,4713 ± 7,67 µmol ET/g, respectivamente. Según lo reportado por Utpott *et al*[19] para la actividad antioxidante de la harina de cáscara de *H. polyrhizus* obtuvo un valor de 101.23 ± 7.88 µmol ET/g. La cáscara de pitahaya roja presenta una alta cantidad de betalainas en especial las betacianinas (rojo-violeta), las cuales en su estructura contienen grupos imino y grupos carboxilo lo cuales reaccionan con los radicales libres, contribuyendo a su actividad antioxidante[31]. Además, los compuestos fenólicos también tienen influencia en la capacidad antioxidante, por lo que se encontró una cantidad alta para la cáscara de pitahaya roja en comparación con otras especies. Esto contribuye a que este subproducto tenga muchos beneficios para la salud en la prevención de cáncer, obesidad, diabetes tipo 2 y otros síndromes metabólicos[31].

VII. CONCLUSIONES

1. La harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* “pitahaya roja” presenta un aspecto en polvo homogéneo y de color rojizo característico, con un rendimiento de 9,51% respecto a la cáscara fresca.

2. La harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* “pitahaya roja” tiene una humedad de 6,74 ± 0,85%; pH 5,18 ± 0,01; actividad de agua 0,35 ± 0,01 a_w; cenizas 10,26 ± 0,36%; acidez titulable 0,98 ± 0,03% y sólidos solubles totales 40,00 ± 0,08 °Brix. Las propiedades de color luminosidad (L*) de 44,76 ± 0,10; (a*) 23,79 ± 0,34; (b*) 2,46 ± 0,02 y tono (h) 5,91 ± 0,08.

3. La harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* “pitahaya roja” presenta una capacidad de absorción de agua (CAA) de 8,30 ± 0,80 g/g; capacidad de absorción de aceite (CAa) de 1,24 ± 0,11 g/g; capacidad de hinchamiento (CH) de 8,10 ± 0,60 mL/g; capacidad emulsificante (CE) de 46,45 ± 1,08 %; estabilidad emulsificante (EE) de 53,68 ± 0,05 % y concentración mínima de gelificación (CMG) de 8%.

4. La harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* “pitahaya roja” presenta un contenido de fibra dietética total (FDT) de 58,64 ± 0,08 %, fibra dietética insoluble (FDI) de 42,30 ± 0,29 % y fibra dietética soluble (FDS) de 16,34 ± 0,10 %. La relación entre la FDI/FDS es de 2,59:1. Los compuestos fenólicos reportaron los siguientes valores: 628,3799 ± 0,33 a 855,1338 ± 0,33 mg EAG/100g; la capacidad antioxidante fue de: 103,0020 ± 1,64 a 125,0026 ± 1,87 µmol ET/g por ABTS y de 32,5992 ± 5,95 a 125,4746 ± 9,47 µmol ET/g por ORAC-PGR.

VIII. RECOMENDACIONES

- ✓ Evaluar y cuantificar betalaínas, flavonoides, pectina y otros polisacáridos en la harina de cáscara de pitahaya roja.
- ✓ Se propone realizar estudios de investigación donde la harina sea aplicada para la preparación de alimentos funcionales, como los productos de panificación y embutidos.
- ✓ Realizar estudios de antinutrientes (ácido fítico, oxalatos, taninos, inhibidores enzimáticos, lectinas, acido oxálico, saponinas y metales pesados) para evaluar la seguridad alimentaria.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sagar N, Pareek S, Sharma S, Yahia E, Lobo M. Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, Their extraction, and possible utilization. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2018;17(3):512-531.
2. Jideani A, Silungwe H, Takalani T, Omolola A, Udeh H, Anyasi T. Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health. Int J Food Prop. 2021; 24(1):41-67.
3. Argüelles L, Tapia A, Hernández I, Méndez D, Atonal C. Evaluación del consumo de grasas, frutas, vegetales y fibra en personas adultas del Municipio de San Pablo del Monte, Tlaxcala (México). Rev Esp Nut Comunitaria. 2019; 25(4):179-183.
4. Santos D, Lopes J, Pintado M. Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities. LWT. 2022; 154. doi:10.1016/j.lwt.2021.11277.
5. Bertagnolli SMM, Silveira MLR, Fogaça A de O, Umann L, Penna NG. Bioactive compounds and acceptance of cookies made with Guava peel flour. Food Sci Technol. 2014;34(2):303-308.
6. Larrosa APQ, Otero DM. Flour made from fruit by-products: Characteristics, processing conditions, and applications. J Food Process Preserv. 2021;45(5).15398. doi: 10.1111/jfpp.15398.
7. Ministerio de Desarrollo y Riego. Pitahaya: Análisis de mercado 2015-2020.Lima: Unidad de Inteligencia Comercial. [Internet]. [Citado el 15 de febrero del 2023]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2055424/Perfil%20de%20Mercado%20de%20la%20Pitahaya.pdf.pdf?v=1627931530
8. Shiau SY, Li GH, Pan WC, Xiong C. Effect of pitaya peel powder addition on the phytochemical and textural properties and sensory acceptability of dried and cooked noodles. J Food Process Preserv. 2020;44(7). 14491. doi:10.1111/jfpp.14491.
9. Joglekar SN, Pathak PD, Mandavgane SA, Kulkarni BD. Process of fruit peel waste biorefinery: a case study of citrus waste biorefinery, its environmental impacts and recommendations. Environ Sci Pollut Res Int.

2019;26(34):34713-22.

10. Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A Review. Food Chem. 2011;124:411-421. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077.
11. Föste M, Verheyen C, Jekle M, Becker T. Fibres of milling and fruit processing by-products in gluten-free bread making: A review of hydration properties, dough formation and quality-improving strategies. Food Chem. 2020;306.125451. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125451.
12. Hassan FA, Ismail A, Hamid AA, Azlan A, Al-Sheraji SH. Characterisation of fibre-rich powder and antioxidant capacity of Mangifera pajang K. fruit peels. Food Chem. 2011;126 (1):283-288.
13. Jamilah B, Shu CE, Kharidah M, Dzulkifly MA, Noranizan A. Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. Int Food Res J. 2011;18: 279-286.
14. Noor SAA, Siti NM, Mahmad NJ. Chemical Composition, Antioxidant Activity and Functional Properties of Mango (*Mangifera indica* L. var Perlis Sunshine) Peel Flour (MPF). Appl Mech Mater. 2015;(754-755):1065-1070.
15. Chia SL, Chong GH. Effect of Drum Drying on Physico-chemical Characteristics of Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*). Int J Food Eng. 2015;11(2): 285-293.
16. Torres Y, Melo DV, Torres LS, Serna JA, Villarreal A. Evaluation of bioactive compounds with functional interest from yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus* haw). Rev Fac Nac de Agron. 2017;70(3):8311-8.
17. Ramos L, Pesamosca E, Salvador M, Hickmann S, Rios A. Characterization of Orange Passion Fruit Peel Flour and Its Use as an Ingredient in Bakery Products. J Food Sci Technol. 2018;18(3):214-230.
18. Pratap M, Das AK, Nanda PK, Bandyopadhyay S, Jagtap P, Shewalkar A, et al. Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) peel as antioxidant dietary fibre on quality and lipid oxidation of chicken nuggets. J Food Sci Technol. 2020;57(4):1449-1461.

19. 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 Preserv. 2020;44(5).14420. doi: 10.1111/jfpp.14420.
20. Hsu CT, Chang YH, Shiau SY. Color, antioxidation, and texture of dough and Chinese steamed bread enriched with pitaya peel powder. Cereal Chem. 2019;96(1):76-85.
21. Weng M. Li Y, Wu L, Zheng H, Lai P, Tang B, Luo X.Effects of passion fruit peel flour as a dietary fibre resource on biscuit quality. Food Sci Technol, Campinas. 2021; 41(1):65-73.
22. Moreira DC, Alves VM, Asquieri ER, De Souza ARM, Damiani C. Physical, chemical, nutritional and antinutritional characterization of fresh peels of yellow pitaya (*Selenicereus megalanthus*) and red pitaya (*Hylocereus costaricensis*) and their flours. Rev Ciênc Agron. 2021;52(3). doi: 10.5935/1806-6690.20210065.
23. García L, Vargas O, Ramírez F, Lino G, Coronado C. Hernández T. Distribución geográfica de *Hylocereus* (cactaceae) en México. Bot sci. 2015;93 (4):921-939.
24. Ibrahim SRM, Mohamed GA, Khedr AIM, Zayed M, El-Kholy, AA-ES. Genus Hylocereus: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance-A review. J Food Biochem. 2018,42(2).12491. doi: 10.1111/jfbc.12491.
25. Verona A, Cerna J, Paucar L, Pitahaya (*Hylocereus spp*.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. Sci agropecu. 2020; 11(3):439-453.
26. Ostoloza N. Todos los cactus del Perú.1er Ed. Lima: Ministerio del Ambiente; 2014.
27. Jalgaonkar K, Mahawar M, Bibwe B, Kannaujia P. Postharvest Profile, Processing and Waste Utilization of Dragon Fruit (*Hylocereus spp*.): A Review. Food Rev Int. 2022;38(4):733-759.
28. Wakchaure GC, Kumar S, Meena K, Rane J, Pathak H. Dragon Fruit Cultivation in India: Scope, Constraints and Policy Issues. Maharashtra, India: CAR–National Institute of Abiotic Stress Management; 2021.

29. Pitahaya. Análisis de Mercado. Ministerio de Desarrollo y Riego. 2015-2020.
30. Vargas K, López R. Guía técnica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en la región Amazonas. Lima: INIA; 2020.
31. Jiang H, Zhang W, Li X, Shu C, Jiang W, Cao J. Nutrition, phytochemical profile, bioactivities and applications in food industry of pitaya (*Hylocereus spp.*) peels: A comprehensive review. Trends Food Sci Technol. 2021; 116:199-217.
32. Mai T, Tran T, Le V. Protection of antioxidants in pitaya (*Hylocereus undatus*) peel: effects of blanching conditions on polyphenoloxidase, peroxidase and antioxidant activities. Food Sci Technol. 2022; 42:112921. doi: 10.1590/fst.112921.
33. 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;52(6):3681-3688.
34. Chinaza A, Somtochukwub I, Chinelo E. The functional properties of foods and flour. Sci Tech Eng J. 2019; 5(11):139-160.
35. Hasmadi M, Noorfarahzilah M, Noraidah H, Zainol MK, Jahurul MHA. Functional properties of composite flour: a review. Food Res. 2020; 4(6):1820-1831.
36. Izuchukwu C, Chima A, Maduka C. Functional components and medicinal properties of food: a review. J Food Sci Technol. 2014;52(5):2522-2529.
37. Trigo J, Alexandre E, Saraiva J, Pintado M. High value-added compounds from fruit and vegetable by-products-Characterization, bioactivities, and application in the development of novel food products. Crit Rev Food Sci Nutr. 2020;60(8):1388-1416.
38. Mudgil D, Barak S. Chapter 2. Classification, Technological Properties, and Sustainable Sources. En: Galanaski CM. Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications. Mehsana,India: Academic Press. 2019; p:27-58.
39. Lee SC, Prosky L, De Vries JW. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in foods; enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer: collaborative study. J AOAC Int. 1992;75 (3):395-416.

40. Rocchetti G, Perez R, Lorenzo, J, Barba F, García P, Prieto M, et al. Functional implications of bound phenolic compounds and phenolics–food interaction: A review. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2022;21:811-842.
41. Czajkowska Y, Parrilla E, Martínez N, Flores A, Martínez M, De la rosa L. Addition of phenolic compounds to bread: antioxidant benefits and impact on food structure and sensory characteristics. Food Prod Process Nutr. 2021;25(3). doi:10.1186/s43014-021-00068-8.
42. Nguyen N, Le T, Vissenaekens H, Gonzales G, Camp J, Smagghe G, Raes K. In vitro antioxidant activity and phenolic profiles of tropical fruit by-products. Int J Food Sci Technol. 2019;54(4):e14093. doi:10.1111/ijfs.14093.
43. Dhalaria R, Rachnna V, Kumar D, Puri S, Tapwal A, Kumar V. Bioactive Compounds of Edible Fruits with Their Anti-Aging Properties: A Comprehensive Review to Prolong Human Life. Antioxidants. 2020;9(11):1123. doi: 10.3390/antiox9111123.
44. Lourenco S, Martins M, Alves V. Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications. Molecules. 2019;24:4132.doi: 10.3390/molecules24224132.
45. Christodoulou M, Orellana J, Hesami G, Jafarzadeh S, Lorenzo J, Dominguez R, *et al*. Spectrophotometric Methods for Measurement of Antioxidant Activity in Food and Pharmaceuticals. Antioxidants. 2022;11(11): 2213. doi:10.3390/antiox11112213.
46. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala, A, Yang, M, Rice C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med. 1999;26(9-10):1231-1237. doi: 10.1016/s0891-5849(98)00315-3.
47. Ortiz R, Antilén M, Speisky H, Aliaga ME, López C, Baugh S. Application of a Microplate-Based ORAC-Pyrogallol Red Assay for the Estimation of Antioxidant Capacity: First Action 2012.03. J AOAC Int. 2012;95(6):1558-1561.
48. Kaur G, Thawkar B, Dubey S, Jadhav P. Pharmacological potentials of betalains. J Complement Integr Med. 2018;15(3). doi: 10.1515/jcim-2017-0063.

49. Akhlaghi M. Ghobadi S,Hosseini M, Gholami Z, Mohammadian F.Flavan ols are potential anti-obesity agents, a systematic review and meta-analysis of controlled clinical trials. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2018; 28(7):675-690.
50. Ingredientes funcionales una nueva industria para Chile. [internet]. [Citado el 15 de febrero del 2023]. Santiago: Innova+agro,2017. Disponible en: https://www.fia.cl/wp-content/uploads/2018/03/N-5-Revista-Mayo-2017.pdf.
51. Espinoza C, Millán E, Quintana R, Franco Y, Rascón U. Pectin and Pectin-Based Composite Materials: Beyond Food Texture. Molecules. 2018; 23(4): 942. doi: 10.3390/molecules23040942.
52. Auris L, Piedra J. Evaluación químico-bromatológica, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott "sosa alacranera" [Tesis de pregrado].Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2021.
53. Carhuamaca A. Evaluación de efecto de sustitución de la harina de cáscara de tuna (*Opuntia ficus*) en la elaboración de panes. [Tesis de pregrado]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2013.
54. AOAC International. Official Methods of Analysis. 21 Ed.Gaithersburg: AOAC. International; 2019.
55. Gonzáles L. Elaboración de harina a base de banano verde para la formulación de pastas dirigidas a personas con intolerancia al gluten. [Tesis de pregrado]. Ciudad de Guatemala: Universidad Rafael Landívar; 2017.
56. NTS 071-2008.Criterios microbiológico de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano [Internet]. [Citado el 15 de febrero del 2023]. Disponible en:http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RM591MINSANORMA.pdf.
57. Villamizar Y, Rodríguez J, León L. Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad CCN-51. Cuaderno Activa. 2016;(9):65-75.

58. Kaur M, Sandhu KS, Arora AP, Sharma A. Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. LWT. 2015;62(1):628-32.
59. García O, Mazzarri C, Coromoto M, Chirino P, Luis J, Ramírez R, *et al*. Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos. Revista Científica UDO Agrícola. 2012;12(4):919-928.
60. AOAC. Fibras Alimentarias Totales. Supelco.1997;1. 1.12979.0001:1-3.
61. Dorta E, Rodríguez-Rodríguez EM, Jiménez-Quezada A, Fuentes-Lemus E, Speisky H, Lissi E, et al. Use of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) Assay to Predict the Capacity of Mango (*Mangifera indica* L.) By-Products to Inhibit Meat Protein Oxidation. Food Anal Methods. 2017;10(2):330-8.
62. Tel N. Vine cacti (*Hylocereus* species): an emerging fruit crop. Italus Hortus. 24(2),2017:19-24.
63. Ortiz TA, Takahashi LSA. Physical and chemical characteristics of pitaya fruits at physiological maturity. Genet Mol Re. 2015; 14 (4): 14422-14439.
64. Lupuche E, Chávez J, Medina M, Gutiérrez L, Suárez E. Chemical characterization, polyphenol content and antioxidant capacity of two pitahaya ecotypes (*Hylocereus* spp.). Rev Fac Nac Agron. 2021;74(3): 9723-9734.
65. Rangel I, Soares D, Almendagna F, Pasqual M, Salles L. Growth and maturation of white-fleshed dragon fruit. Res Soc Dev. 2021;10(7): e11910716288.doi: 10.33448/rsd-v10i7.1682.2.
66. Obregón A, López E, Peñafiel C, Jauregui A, Posadas R, Salvatierra E. Nutritional and physicochemical profile of the pitahaya cultivated in the central coast of Peru. Rev Fac Agron. 2022;39(1):e223911.doi: 10.47280/RevFacAgron(LUZ).v39.n1.11.
67. Chauca M, Quintana S. Fenoles y capacidad antioxidante de *Psidium guajava*, *Vaccinium myrtillus*, *Selenicereus megalanthus* y *Physalis peruviana* de diferentes procedencias. Bioagro. 2020;32(3):225-230.
68. Demiray E,Gamze L, Aktok. O, Culluk B, Caliskan G, Pandisalvan R. The Effect of Drying Temperature and Thickness on the Drying Kinetic,

Antioxidant Activity, Phenolic Compounds, and Color Values of Apple Slices. J. Food Qual. 2023:7426793. doi: 10.1155/2023/7426793.

69. 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.
70. Santos J. Physicochemical and technological evaluation of flours made from fruit coproducts for use in food products. Res Soc Dev. 2020;9(3): e192932742. doi: 10.33448/rsd-v9i3.2742.
71. NTP 205.027-1986.Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial. Lima: INDECOPI; 1986.
72. Codex Alimentarius Commission – CODEX. Norma del Codex para la harina de trigo (Codex stan 152-1985).Roma, Italy: CODEX;1995.
73. Hosseini A, Pazhouhandeh F. Production of enriched cakes by apple pulp and peel powder and evaluation of chemical, functional and textural properties. Vitae. 2023;30(1). doi: 10.17533/udea.vitae.v30n1a349519.
74. Dias P, Sajiwanie J, Rathnayaka R. Chemical Composition, Physicochemical and Technological Properties of Selected Fruit Peels as a Potential Food Source. Int J Fruit Sci. 2020;20(6):1-12. doi:10.1080/15538362.2020.1717402.
75. Zhuang Y, Zhang Y, Sun L. Characteristics of fibre-rich powder and antioxidant activity of pitaya (Hylocereus undatus) peels. Int J Food Sci Technol. 2012; 47(6): 1279-1285.doi: 10.1111/j.1365-2621.2012.02971.x.
76. Wu L, Hsu HW, Chen YC, Chiu CC, Lin YI, Ho, JA. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. Food Chem. 2006; 95(2):319-327.
77. Silva J. Effect of drying on nutritional composition, antioxidant capacity and bioactive compounds of fruits co-products. Food Sci Technol. 2020;40(4):810-816.
78. Ordoñes S, Arevalo L, 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*). Scientia Agropecuaria. 2019;10(2)175-183.

X. ANEXOS

Anexo 1. Certificado de identificación botánica de pitahaya roja

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ
CONSULTOR BOTÁNICO – C.B.P. 3796
Email: jocamde@gmail.com
Cel: 963689079

CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACION BOTÁNICA

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

CERTIFICA.

Que, **RODAS HUAMÁN, Milagros Angélica**, con grado académico de Bachiller, egresada de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad Farmacia y Bioquímica; con fines de investigación para desarrollar un proyecto de tesis y optar el título de Químico Farmacéutico, ha solicitado la identificación y certificación botánica de la planta conocida con el nombre vulgar de **"pitahaya roja"**, la muestra con tallos, frutos y semillas ha sido identificada como ***Hylocereus monacanthus* (Hort. Ex Lem.) Britton & Rose.** Según la base de Trópicos 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, revisado por APG II (2003), APG III (2009) y APG IV (2016); el sistema filogenético APG evita el uso de la nomenclatura taxonómica clásica por arriba de orden y, Mark W. Chase & James L. Reveal (2009) consideran a todas las plantas verdes en la Clase Equisetopsida. La especie estudiada ocupa la siguiente posesión taxonómica:

Reino: Vegetal
Clase: Equisetopsida
Subclase: Magnoliidae
Superorden: Caryophyllanae
Orden: Caryophyllales
Familia: Cactaceae
Género: *Hylocereus*
Especie: *Hylocereus monacanthus* (Hort. Ex Lem.) Britton & Rose

Nombre vulgar: "pitahaya roja"

Se expide la presente certificación con fines de investigación científica.

Lima, 29 de abril del 2022

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

JR. SANCHEZ SILVA N° 156- piso 2. Urb. Santa Luzmila. Lima 07
Emailjocamde@gmai.com; joricampos@yahoo.es

Anexo 2. Tabla de operacionalización de variables

VARIABLE(S)	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Características fisicoquímicas	Características fisicoquímicas propias de un alimento que influyen en su procesamiento [9].	Se realizaron principalmente por los métodos de la (AOAC)	-pH -Actividad de agua -Sólidos Solubles totales -Acidez titulable total -Cenizas	Menor a 10% de humedad	-aw -°Brix -%acidez -%
Propiedades tecnológicas	Características que influyen sobre la apariencia física y el comportamiento de un producto alimenticio durante su procesamiento [21].	Se realizó determinaciones en la harina.	Capacidad de absorción de agua y aceite -Capacidad de hinchamiento -Capacidad y estabilidad de emulsión	No aplica	-g/g -mL/g -%
Propiedades funcionales	Los componentes funcionales son biomoléculas que se encuentran en los alimentos y que poseen la capacidad de modular procesos o vías metabólicas en el cuerpo, lo que resulta en beneficios para la salud [24].	-Se evaluó la fibra dietética por el método enzimático-gravimetrico -Polifenoles mediante el método Folin-Ciocalteu -Capacidad antioxidante por el método ABTS y ORAC-PGR	-Fibra dietética -Compuestos fenólicos -Capacidad antioxidante	-Fibra dietética total, soluble e insoluble. -Contenido de polifenoles -ABTS y ORAC-PGR	**-%** -mg EAG/100g - µmol ET/g

Anexo 3. Imágenes de los ensayos



Figura 4. Recepción de los frutos de pitahaya roja. **A.** Selección de las muestras **B**. Separación de las cáscaras

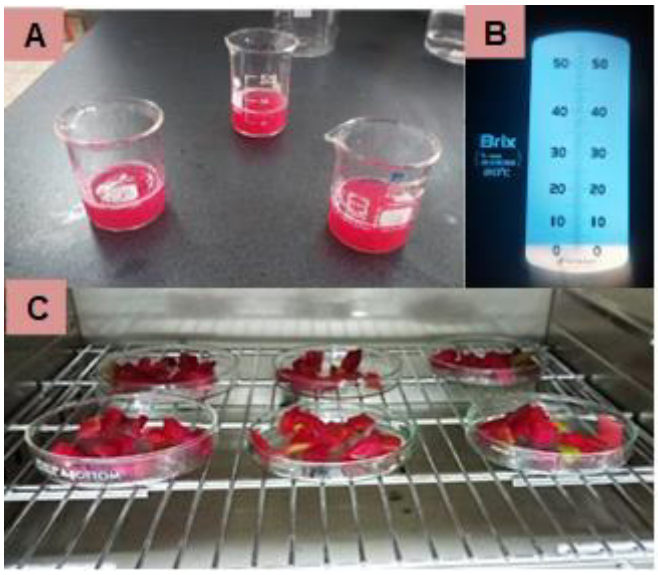

Figura 5. Caracterización fisicoquímica de la cáscara de pitahaya roja. **A.** Muestras preparadas para los análisis. **B.** Determinación de solidos solubles totales. **C.** Determinación de la humedad.



Figura 6. Obtención de la harina de cáscara de pitahaya roja. **A.** Cortado de la cáscara fresca. **B.** Secado de la cáscara fresca. **C.** Molienda de la cáscara seca. **D.** Tamizado **E.** Almacenamiento.



Figura 7. caracterización fisicoquímica de la harina de pitahaya roja. **A.** Evaluación fisicoquímica. **B.** Evaluación microbiológica. **C.** Evaluación granulométrica.

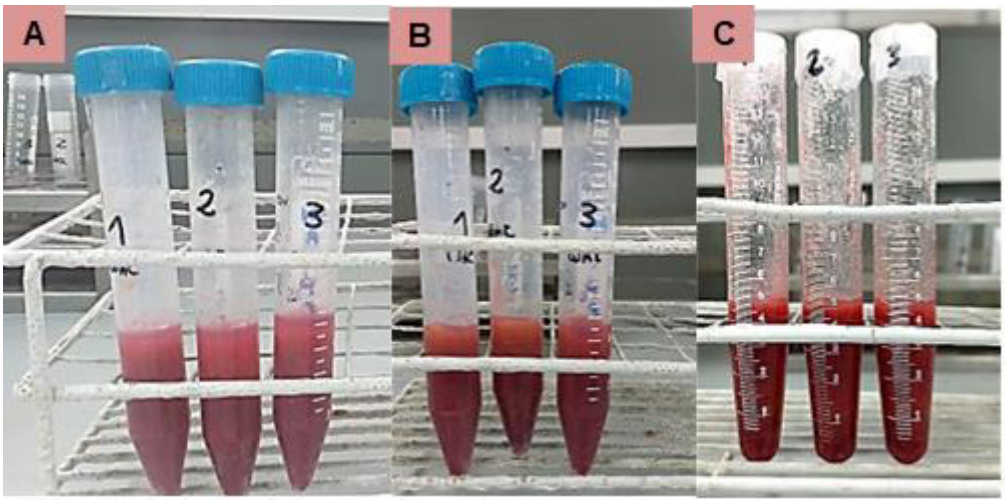

Figura 8. Capacidad de absorción de agua de la harina de cáscara de pitahaya roja. **A.** Muestras antes de la centrifugación. **B.** Muestra después de la centrifugación. **C.** Capacidad de hinchamiento.

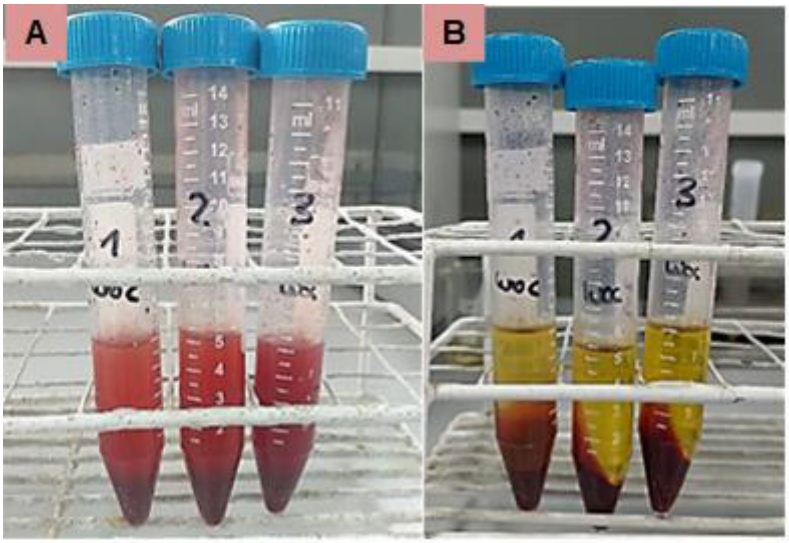

Figura 9. Capacidad de absorción de aceite de la harina de cáscara de pitahaya roja. **A.** Muestra antes de la centrifugación. **B.** Muestra después de la centrifugación.

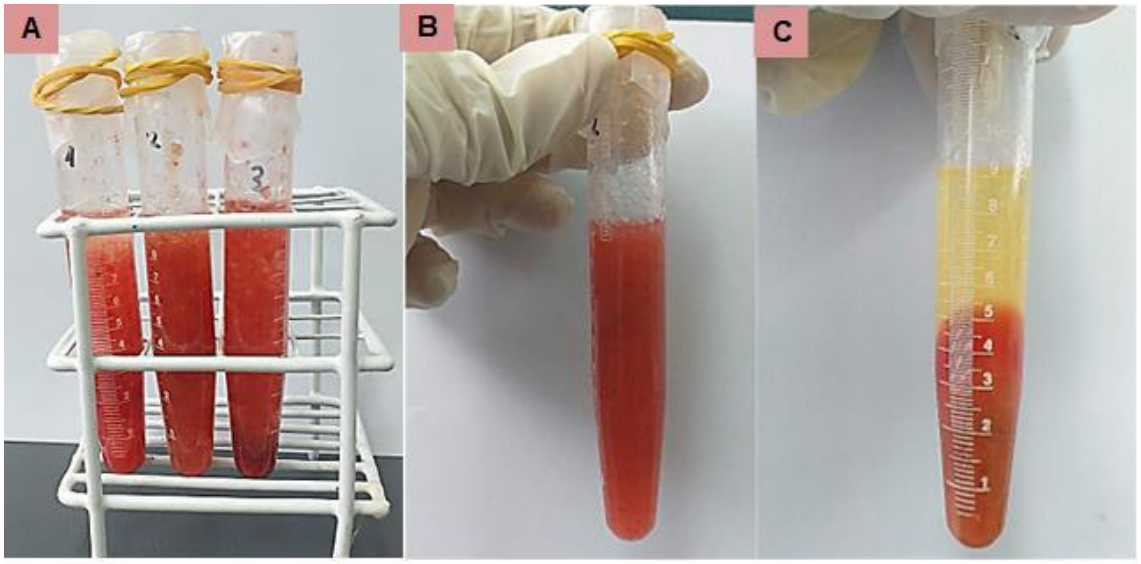

Figura 10. Capacidad de emulsión de la harina de cáscara de pitahaya roja. **A y B.** Muestras antes de la centrifugación. **C.** Muestra después de la centrifugación.

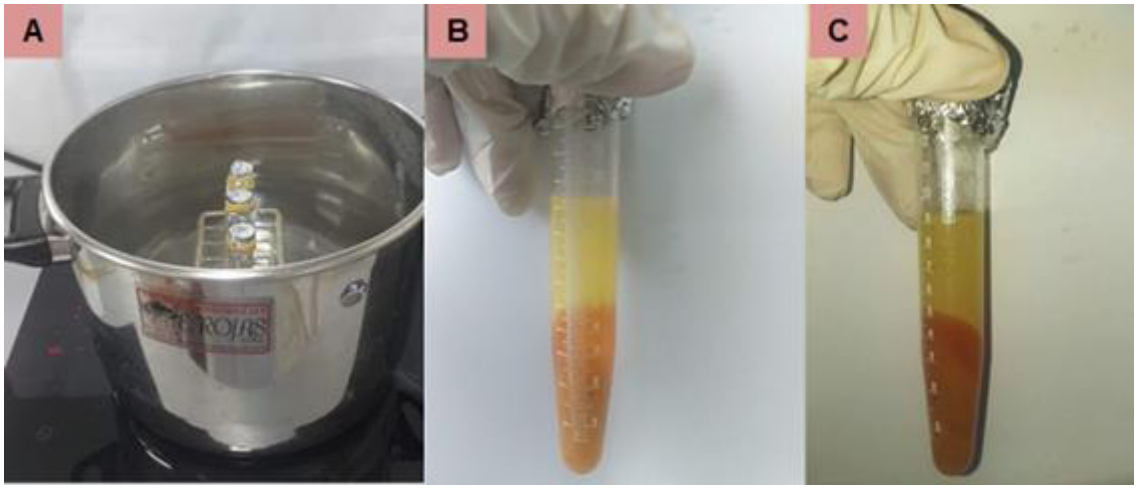

Figura 11. Estabilidad de emulsión de la harina de cáscara de pitahaya roja. **A.** Calentamiento a 80°C. **B y C**. Muestra después de la centrifugación.

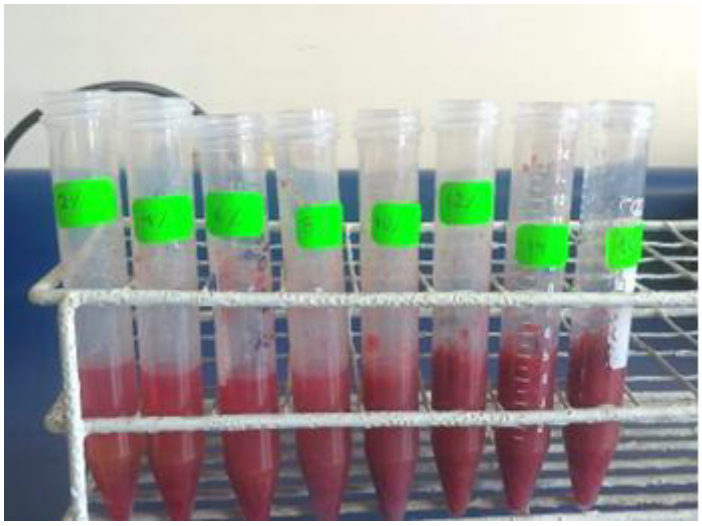

Figura 12. Capacidad mínima de gelificación de la harina de cáscara de pitahaya roja.



Figura 13. Determinación del contenido de fibra dietética de la harina de cáscara de pitahaya roja.



Figura 14. Determinación del contenido total de polifenoles y la capacidad antioxidante de la harina de cáscara de pitahaya roja.

Anexo 4. Gráficas de la capacidad antioxidante por ABTS para el % de inhibición vs Concentración del extracto de harina a diferentes temperaturas

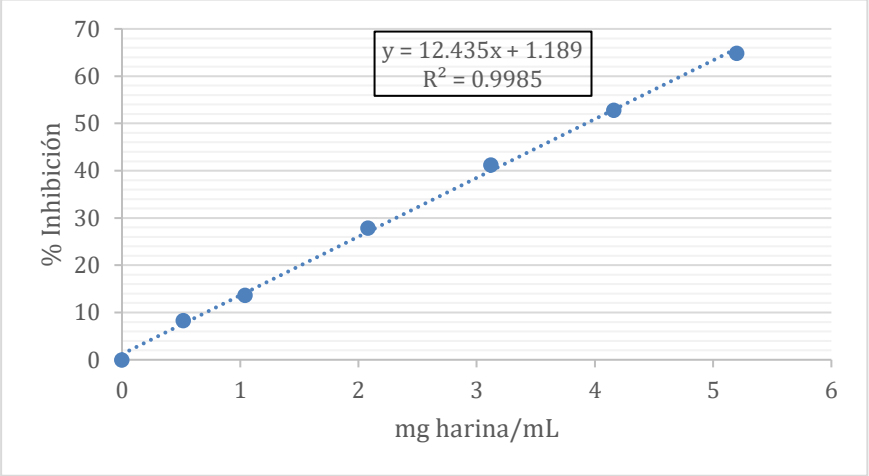

Figura 15. Gráfica del % de inhibición vs concentración de extracto acuoso a 37°C

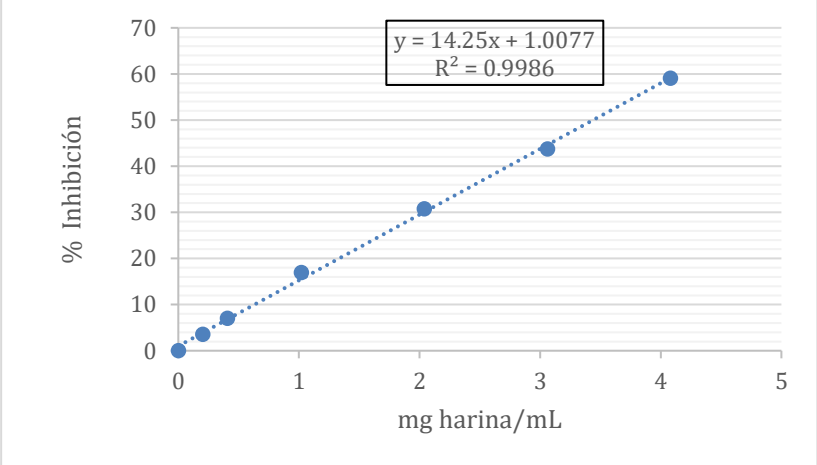

Figura 16. Gráfica del % de inhibición vs concentración de extracto acuoso a 75°C

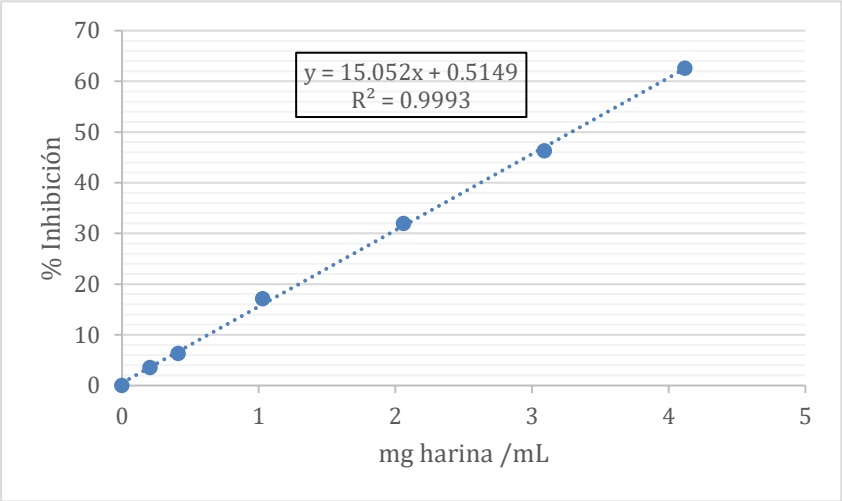

Figura 17. Gráfica del % de inhibición vs concentración de extracto hidroalcoholico a 37°C

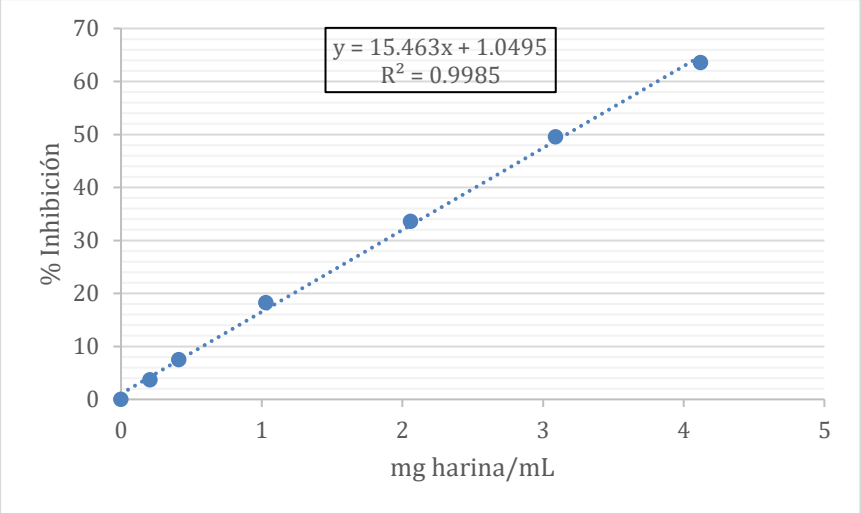

Figura 18. Gráfica del % de inhibición vs concentración del extracto hidoalcohólico a 75°C