



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

CAMPUS CALKINÍ

TÍTULO DE LA TESIS

**“CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE LA HARINA DE
CÁSCARA DE NARANJA DULCE (*CITRUS SINENSIS*)
PARA SU POSIBLE USO ALIMENTARIO”.**

TESIS

Que presenta:

EDUARDO MAY OSIO

Como requisito para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Director de tesis:

DR. YASSER ALEJANDRO CHIM CHI

DRA. MARIA EUGENIA LÓPEZ PONCE

Calkiní, Campeche, México

Junio, 2023





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

CAMPUS CALKINÍ

TÍTULO DE LA TESIS

**“CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE LA HARINA DE
CÁSCARA DE NARANJA DULCE (*CITRUS SINENSIS*)
PARA SU POSIBLE USO ALIMENTARIO”.**

TESIS

Que presenta:

EDUARDO MAY OSIO

Como requisito para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Director de tesis:

DR. YASSER ALEJANDRO CHIM CHI

DRA. MARIA EUGENIA LÓPEZ PONCE

Calkiní, Campeche, México

Junio, 2023





Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, en el Estado de Campeche

Calkiní, Campeche a 23 de agosto de 2023.

El Comité de tesis del candidato (a) a grado de maestro: Eduardo May Osio, constituido por CC. *DRA. María Eugenia López Ponce*, *DR. Yasser Alejandro Chim Chi*, *MCTA. José Armando Tec Pool* y *MCAB. José Dolores Lira Maas* habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Caracterización Integral de la Cáscara de Naranja Dulce (*Citrus sinensis*) para su posible uso alimentario**, que presenta como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.15.5, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE



DRA. María Eugenia López Ponce

DIRECTOR DE TESIS



DR. Yasser Alejandro Chim Chi

DIRECTOR DE TESIS



MCAB. José Dolores Lira Maas

TUTOR



MCTA. José Armando Tec pool

TUTOR



Asunto: Constancia de estar dentro del plazo
para presentar examen de grado

A QUIEN CORRESPONDA:

El que suscribe, Dr. Luis Alfonso Can Herrera, Jefe de Departamento de Posgrado e Investigación, hace constar que el/la estudiante **Eduardo May Osio** con número de matrícula **G21137570** inscrito en el programa de posgrado **Maestría en Ciencias de la Ingeniería** en la línea de investigación **Bioprocesos y Alimentos**, se encuentra **EN TIEMPO** para solicitar la fecha de su examen de grado.

Se expide la presente constancia para fines que convenga a la parte interesada, a los 10 días del mes de agosto de 2023 en la ciudad de Calkiní, Campeche.

ATENTAMENTE



Dr. Luis Alfonso Can Herrera
Jefe de Departamento de Posgrado e Investigación



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
CALKINÍ, EN EL ESTADO DE CAMPECHE

**"DEPARTAMENTO DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN"**

CLAVE: 04MSU0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO





Calkiní, Campeche a 18 de agosto de 2023.

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mis estudios de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Tecnológico Nacional de México - Campus Calkiní. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.



Eduardo May Osio





Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, en el Estado de Campeche

Calkiní, Campeche a 14 de agosto de 2023

Asunto: Carta de liberación de plagio

**EDUARDO MAY OSIO
PRESENTE**

Por este conducto me permito informarle que con base a los resultados obtenidos por el software institucional (*turnitin - similarity*) es posible afirmar que el porcentaje de similitud de la tesis fue del 20%, lo cual es igual al máximo permitido por el consejo académico. La tesis analizada corresponde al estudiante EDUARDO MAY OSIO con número de matrícula G21137570 perteneciente al Programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería, cuyo título de tesis es **CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE LA HARINA DE CÁSCARA DE NARANJA DULCE (*CITRUS SINENSIS*) PARA SU POSIBLE USO ALIMENTARIO**, el cual es dirigido por los doctores: MARIA EUGENIA LÓPEZ PONCE Y YASSER ALEJANDRO CHIM CHÍ.

Con base a lo descrito anteriormente, se establece la tesis como LIBERADA DE PLAGIO. Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

DR. LUIS ALFONSO CAN HERRERA
JEFE DE DEPARTAMENTO DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
CALKINÍ, EN EL ESTADO DE CAMPECHE
"DEPARTAMENTO DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN"
CLAVE: 04MSU0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MEXICO

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por el apoyo económico brindado para la realización de los estudios de Maestría.

Al Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche ITESCAM, por el gran apoyo otorgado para realizar el presente proyecto.

A los Doctores Mario Adrián de Atocha Dzul Cervantes, Nubia Cob Calan y Dolores Lira Maas, por sus conocimientos aportados al proyecto.

A los Doctores Yasser A. Chim Chi y María Eugenia López Ponce, por su apoyo, tiempo y dedicación para la revisión de este trabajo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I	5
1.1 ANTECEDENTES	5
1.1.1 Generalidades de la naranja y su producción en México.	5
1.1.2 Generación de residuos e importancia de la cáscara de naranja.	8
1.1.3 Definiciones de análisis proximal, funcional y Antioxidantes.	9
1.1.3.1 Análisis proximal.	9
1.1.3.2 Análisis funcional.....	10
1.1.3.3 Antioxidantes.	11
1.1.4 Proteínas y su importancia en los alimentos.	12
1.1.4.1 Aplicaciones de las proteínas y sus propiedades.	12
1.1.4.2 Emulsiones y propiedades emulsificantes.	14
1.1.4.3 Capacidad de emulsión	15
1.1.4.4 Estabilidad de la emulsión.....	15
1.1.4.5 Absorción de agua y aceite.	15
1.1.4.6 Espumas y propiedades y formación de espumas.	16
1.2 El uso de las harinas en la alimentación.....	17
1.2.1 Harinas no convencionales empleadas en la alimentación humana.	17
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	20
1.4 HIPÓTESIS.....	21
1.5 OBJETIVOS	21
CAPÍTULO II	23
2.1 MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
2.2 OBTENCIÓN DE LA HARINA.	23
2.3 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA.....	24
2.3.1 Humedad	24
2.3.2 Cenizas.....	25

2.3.3 Grasa cruda	26
2.3.4 Fibra cruda.....	27
2.3.5 Cuantificación de proteínas mediante técnica de Lowry modificada	29
2.3.6 pH.	30
2.3.7 Solidos solubles	31
2.3.8 Acidez titulable.....	31
2.3.9 Densidad.....	31
2.4 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL	32
2.4.1 Capacidad emulsificante.	32
2.4.2 Estabilidad de la emulsión (EE).	33
2.4.3 Capacidad de formación de espuma y prueba de estabilidad de espuma.	34
2.4.4 Capacidad de absorción de agua y aceite.	34
2.5 CARACTERIZACIÓN BIOACTIVA	35
2.5.1 Actividad antioxidante	35
CAPÍTULO III	36
3.1 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	36
CAPITULO IV	42
CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1.1 Partes de una naranja y distribución de componentes químicos. Fuente: (Alvarado, T., Hernández, A. 2018).....	5
Fig. 1.2 Lavado de la fruta.	18
Fig. 1.4 Preparación para secado de la cáscara.....	19
Fig. 1.5 Cáscara preparada para ser secada.	20
Fig. 1.6 Cáscara seca para luego ser molida.....	20
Fig. 2.1 Estufa de secado por convección.	25
Fig.2.2 Mufla.....	26
Fig. 2.3 Equipo soxlet para determinación de extracto etéreo (grasa cruda).....	27
Fig. 2.4 Equipo para determinación de fibra cruda.....	28
Fig. 2.5 Espectrofotómetro utilizado para la determinación de proteínas.	30
Fig. 2.6 Potenciómetro.	31
Fig. 2.8 Agitador (vortex).....	33
Fig. 2.9 Estabilidad de la emulsión (EE).....	33
Fig. 2.10 Estabilidad de espuma.....	34
Fig. 2.11 Prueba de actividad antioxidante.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Propiedad funcional.....	11
Tabla 1.2 Propiedades funcionales de las proteínas en matrices alimentarias	13
Tabla 1.3 Métodos para determinas las propiedades emulsificantes	14
Tabla 3.1 Resultados de pruebas fisicoquímicas.....	36
Tabla 3.2 Resultados de pruebas proximales.....	37
Tabla 3.3 Resultados de caracterización funcional de la capacidad emulsificante.	38
Tabla 3.4 Resultados de la caracterización funcional de la estabilidad emulsificante a 5, 30, 60 y 120 min respectivamente.	38
Tabla 3.5 Resultados de caracterización funcional capacidad de formación de espuma.....	39
Tabla 3.6 Resultados de caracterización funcional estabilidad de la espuma a 5, 30, 60 y 120 min respectivamente.	39
Tabla 3.7 Resultados de caracterización funcional capacidad de absorción de agua y aceite.	40
Tabla 3.8 Resultado caracterización bioactiva.....	41

RESUMEN

La cáscara de naranja dulce (*Citrus sinensis*) es un residuo orgánico generado a nivel doméstico e industrial, que actualmente, está siendo subutilizado en las agroindustrias. La cáscara de la naranja pocas veces se logra vender, por ejemplo, a criaderos de ganado vacuno, siendo mayormente depositada en los vertederos municipales. Este residuo crea problemas al producir olores desagradables, proliferación de microorganismos, moscas y fauna nociva, gastos de transportación y de personal para mover los residuos de cáscaras de naranja desde su lugar de generación hasta el lugar de su deposición final. Esto conlleva a buscar un nuevo uso para las cáscaras que se generan, en grandes cantidades, durante el proceso de extracción del jugo. También debido al constante aumento de la población mundial, la producción alimentaria se ha forzado también a aumentar y a la par aumentaron los desperdicios o residuos orgánicos que se generan al ser procesados los alimentos. Actualmente México es el quinto productor mundial de naranja dulce (*Citrus sinensis*), con un promedio de 4.2 millones de toneladas, éstas se comercializan principalmente a nivel nacional y el excedente se envía al extranjero. La naranja dulce es un alimento que generalmente se consume solo su jugo, dejando un subproducto o desecho que representan el 50% de su peso aproximado.

Debido a este aspecto, así como al interés actual por la utilización de subproductos alimentarios, es posible producir nuevos aditivos utilizando subproductos de naranja en forma de harina para su uso en productos de la industria alimentaria.

Así, la harina de cáscara de naranja fue extraída y descrita en el presente trabajo de forma fisicoquímica, funcional y bioactiva. Los resultados de la capacidad espumante combinados con el hecho de que se comporta adecuadamente como reductor de radicales libres permiten recomendar el uso de la harina de cáscara de naranja como aditivo apropiado para la alimentación humana, apoyando la reducción de contaminantes orgánicos y añadiendo valor a la cadena de producción de cítricos.

ABSTRACT

Sweet orange peel (*Citrus sinensis*) is an organic waste generated at the domestic and industrial level, which is currently being underutilized in agro-industries. The orange peel is rarely sold, for example, to cattle farms, being mostly deposited in municipal landfills. This residue creates problems by producing unpleasant odors, proliferation of microorganisms, flies and harmful fauna, transportation costs and personnel to move orange peel waste from its place of generation to the place of its final disposal. This leads to finding a new use for the peels that are generated, in large quantities, during the juice extraction process. Also due to the constant increase in the world population, food production has also been forced to increase and at the same time the waste or organic waste generated when food is processed has increased. Mexico is currently the fifth largest producer of sweet orange (*Citrus sinensis*) in the world, with an average of 4.2 million tons. These are mainly marketed domestically and the surplus is sent abroad. The sweet orange is a food that is generally consumed only its juice, leaving a by-product or waste that represents 50% of its approximate weight.

Due to this aspect as well as the current interest in utilizing food by-products, it is possible to produce new additives using orange by-products in the form of flour for use in food industry goods.

Thus, orange peel flour was extracted and described in the current work in a physicochemical, functional, and bioactive way. The results of the foaming capacity combined with the fact that it performs adequately as a free radical reducer enable the use of orange peel flour to be recommended as an appropriate additive for human food, supporting the reduction of organic contaminants and adding value to the citrus production chain.

INTRODUCCIÓN

Debido a la continua expansión de la industria, tanto los residuos orgánicos de producción nacional como los creados por la agroindustria influyen negativamente en el medio ambiente, tanto a escala local como mundial. Además, han aumentado los residuos y la producción de subproductos alimentarios. México produce 189,750 toneladas de basura de naranja proveniente de la industria de jugos (SAGARPA, 2012).

De hecho, no solo es un problema de contaminación, sino que también es económico, al ser necesarios el uso de combustible, vehículos, materiales y de personal para la realización del traslado de los subproductos o residuos generados en la empresa, hasta el lugar de la deposición final (Shell, 2016, Barragán, et al., 2008).

La investigación sobre la utilización de residuos agroindustriales es importante, ya que pueden utilizarse para reducir la contaminación y proporcionar nuevos usos como biofertilizantes, piensos y producción de energía (Sabiiti, 2011). También se considera significativo ya que entender la composición centesimal de los subproductos agroindustriales es necesario para su implementación con el fin de ser empleados en nuestras comidas. Es concebible incluir subproductos agroindustriales en nuevas formulaciones de productos alimentarios conociendo sus cualidades nutricionales e incluso antioxidantes (Angulo et al., 2018). Dado que los antioxidantes sirven como una especie de defensa y protección, sosteniendo las funciones fisiológicas habituales del cuerpo humano, sería entonces posible prevenir las enfermedades crónicas (Coronado et al., 2015). Al eliminar o neutralizar los radicales libres, los alimentos ricos en antioxidantes detienen o retrasan la oxidación (Gaviláñez, 2007). Estos átomos, conocidos como radicales libres, promueven el envejecimiento celular y contribuyen a enfermedades como la inflamación, el cáncer y los trastornos pulmonares, cardíacos y respiratorios (Peña, 2016).

La cáscara (flavedo) de la naranja contiene sustancias bioactivas donde permiten mitigar los efectos adversos y disminuir la prevalencia del cáncer y de ciertas enfermedades cardiovasculares. (Londoño et al., 2015). Así mismo gracias a su menor presencia en hidratos de carbono que la harina de trigo, el empleo de harina de cáscara de naranja reduce tanto el contenido calórico al aplicar cantidades de harina de cáscara de naranja como ayuda a reducir los hidratos de carbono. (Okpala L., 2013) y, finalmente, ayuda a

emplear menor cantidad de harinas convencionales y otorga un valor añadido al producto final del alimento a ofrecer al consumidor.

CAPÍTULO I

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Generalidades de la naranja y su producción en México.

La primera distinción que hay que realizar entre las naranjas, es que si son naranjas dulces o amargas. Las naranjas dulces tienen como origen las zonas tropicales y subtropicales de Asia, *Citrus sinensis*, mejor conocida como naranja, cuenta con datos registrados desde hace 4,000 años (Londoño et al., 2015). Las naranjas dulces se caracterizan por tener piel y pulpa de color naranja y se distinguen entre ellas a las naranjas rubias y las naranjas sanguíneas. En cuanto a las naranjas amargas, éstas se usan para la preparación de jugos y mermeladas (se utilizan industrialmente). También se utilizan las naranjas amargas en la industria farmacéutica y en la obtención de aceites esenciales (ver figura 1.1).

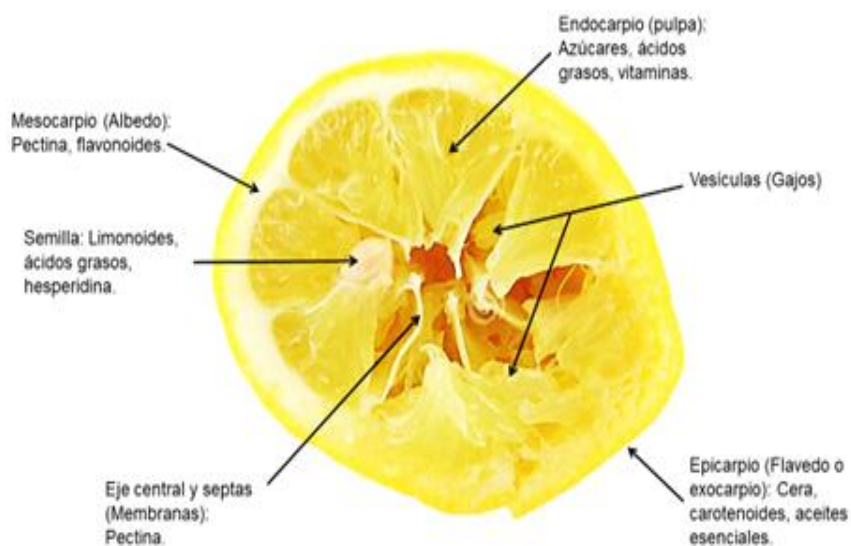


Fig.1.1 Partes de una naranja y distribución de componentes químicos. Fuente: (Alvarado, T., Hernández, A. 2018).

El naranjo se clasifica botánicamente de la siguiente manera:

Magnoliophyta es una división del reino plantae.

Magnoliopsidae, Clase

Rosidae, Subclase

Orden, Rutae

Familia, Rutacea

Género, Citrus

Citrus x sinensis es una especie.

Tienen gajos con pulpas de color que va de anaranjados a amarillos, con cáscara y semillas que contienen aceites esenciales. Posee igual vitaminas, como la vitamina C, y las vitaminas B (1, 2, 3, 5, 6) y la vitamina E., Pectinas, ácidos orgánicos y sales minerales (Toledo, 2008).

Citrus sinensis, la forma valenciana de la naranja es una de las frutas más populares y saludables, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (UNOAA, también conocida como FAO), que publicó un estudio en 2014. Tiene como las demás frutas cítricas, alrededor de 45% de jugo, 30 % de piel y 25% de semillas y bagazo. Cada fruto contiene, prácticamente 90% de agua y 5% de azúcares.

González, C. (2014) indica que la naranja es una fruta carnosa, cubierta por una cubierta parcialmente endurecida (hesperidio), distinguiéndose dos partes en su corteza: la externa coloreada llamada flavedo, y la interna blanquecina llamada albedo.

En la actualidad la naranja dulce es muy apreciada, está adaptada climáticamente a una gran cantidad de condiciones medioambientales y generalmente tiene una larga temporada de producción. En los últimos tiempos se han presentado cambios en el estilo de vida, continuamente se generan avances técnicos y de producción de los alimentos, que aunado al desarrollo de nuevos productos y al gusto cambiante de la población consumidora, no solo se consume y se aprovecha el jugo de la naranja, sino que se busca obtener otros productos de interés alimentario (Kimball, 2002, citado por Chimborazo, M. 2011).

Tomando en cuenta el mercado internacional, se distingue el producto en fresco, como la naranja (como principal productor España), y limones y limas (dominado por

México)., Existiendo también productos cítricos como un mercado muy apreciado, principalmente el de jugos de naranja, donde el país que lo encabeza es Brasil, y México presenta una producción de 4,533,427 toneladas (SIAP, 2014).

Según los mismos datos del (SIAP, 2014), México produjo 2.2 millones de toneladas de limas y limones, 424 mil toneladas de toronjas y 2.2 millones de toneladas de mandarinas y mandarinas en 2014. La mayor parte de esta producción se quedó en México para consumo interno, con excepción de naranjas, limones y limas que se enviaron a Estados Unidos. La mayor parte de la producción de toronjas se exportó a Europa y el resto a Estados Unidos.

De acuerdo con datos gubernamentales, el 91% de la producción de cítricos se localiza solo en 10 estados del territorio nacional (SAGARPA, 2012). Estos estudios afirman que los estados del Golfo de México son los que más cítricos producen, con Veracruz a la cabeza y Tamaulipas, Tabasco y Yucatán a continuación. Puebla y Nuevo León tienen porcentajes menores. Por último, Sonora y Colima son dos de los mayores productores del Pacífico (costa). Por último, pero no por ello menos importante, la naranja representa la mayor parte de la superficie plantada de cítricos dulces, seguida de la toronja (8%), la mandarina (5%) y la mandarina (4%).

En términos comerciales, los cítricos son un bienpreciado en México. Maya (2017) informa de que, en 2013, México era el quinto productor mundial, solo por detrás de Estados Unidos, Brasil y China. Naranjas (*Citrus sinensis*), mandarinas (*Citrus nobilis*), limones (*Citrus limón*) y toronjas (*Citrus paradisi*) son algunos de los cítricos que más consumen los mexicanos. (INIFAP, 2011).

De acuerdo con Ramírez et al. (2008), la producción de cítricos en México representa el 6.6% de la producción total de la nación; el resto se exporta principalmente a Estados Unidos (SAGARPA, 2012). El consumo nacional aparente de naranja para los años 2014 a 2016 fue de 4,774 Mt, distribuidas de la siguiente manera: 33.9% se destinó a la elaboración de jugos en los hogares, 55.8% se utilizó como producto fresco y 10.5% se desperdició. (FAO, 2018). En ese lapso, Veracruz y Tamaulipas produjeron 68.2% de la producción nacional, seguidos por Nuevo León (7.0%), San Luis Potos (6.9%), Puebla (4.6%), Sonora (3.2%) y Yucatán (2.9%). (SIAP, 2017).

1.1.2 Generación de residuos e importancia de la cáscara de naranja.

La continua expansión de la industria ha provocado un aumento de la producción de residuos y subproductos alimentarios. México produce 189,750 toneladas de basura de naranja de la industria de jugos (SAGARPA, 2009). Dado que se necesita combustible, automóviles, materiales y mano de obra para trasladar los residuos o subproductos producidos en la empresa hasta el lugar de eliminación final, no se trata sólo de un problema de contaminación, sino también económico. (Barragán, et al; 2008).

La investigación sobre la utilización de residuos agroindustriales es importante, ya que puede servir para disminuir la contaminación y desarrollar nuevos usos para ellos, como biofertilizantes, piensos y producción de energía (Sabiiti, 2011). Según Storck et al. (2013), citado por Angulo et al. (2018), es crucial conocer las características nutricionales de los subproductos agroindustriales para incorporarlos en las formulaciones de nuevos productos alimenticios. Esto se debe a que conocer la composición centesimal de estos subproductos es necesario para su implementación en nuestra alimentación.

Según los datos más recientes (Congreso de la Unión, 2003), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) rige la gestión de los residuos orgánicos e inorgánicos en México desde ese año.

Esta ley obliga a las autoridades federales, estatales y municipales a establecer prácticas de manejo y desarrollar estrategias para la cantidad y composición de la basura producida a nivel industrial y doméstico (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017).

Según Londoño et al. (2015), la piel de naranja contiene sustancias bioactivas que ayudan a disminuir los efectos negativos y a reducir el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y cáncer. La harina de cáscara de naranja tiene menos hidratos de carbono que la harina de trigo, por lo que su utilización en cantidades también reduce el contenido calórico del pan (Okpala L., 2013). Por último, ayuda a utilizar menos harinas convencionales y añade valor al alimento acabado que se venderá a los consumidores.

1.1.3 Definiciones de análisis proximal, funcional y Antioxidantes.

Generalidades: Uno de los problemas primitivos que se aplican frecuentemente en la ciencia alimentaria consiste en conocer los componentes químicos de los alimentos, así como de las reacciones que conducen a sus cambios, tanto físicos como químicos.

1.1.3.1 Análisis proximal.

Para definir la calidad de un alimento se aplica un análisis proximal, en este están inmersos los siguientes análisis:

1. Humedad
2. Ceniza
3. Proteínas
4. Extracto etéreo
5. Fibra bruta
6. Hidratos de carbono
7. Potencial de hidrógeno
8. Índice de refracción
9. Acidez

Entre otros.

Los análisis del porcentaje de humedad (realizado por el método del horno de aire, determinado a 105°C), del porcentaje de cenizas o materia mineral (realizado por el método de calcinación directa, a 600°C), del porcentaje de grasa bruta o extracto etéreo, del porcentaje de fibra bruta, del porcentaje de glúcidos y del porcentaje de proteína bruta, así como de otros parámetros (acidez, densidad, pH, etc.), se realizan por triplicado. Entendiéndose el término “bruto” para estas determinaciones al conjunto de sustancias que responden a ciertas características, pero que no se identifican particularmente con cada una de ellas (Méndez, L. 2020).

El análisis proximal se describe como "el análisis químico que identifica las principales agrupaciones nutricionales de un alimento para establecer su composición, sin especificarlos individualmente" por Badui, S. (1988).

1.1.3.2 Análisis funcional.

Los principales determinantes de la calidad alimentaria son las consideraciones tecnológicas y de seguridad. Esta clasificación da origen a la palabra "funcionalidad" y puede reconocerse teniendo en cuenta las interacciones creadas por atributos físicos, reacciones, estructuras, etc. Estos intercambios tienen lugar a nivel interno. Luego tenemos las interacciones externas; éstas indican condiciones relacionadas con el aspecto, y finalmente, tenemos las interacciones con el consumidor, que indican aspectos relacionados con la calidad (Fito P., Chiralt A., 2003).

Las propiedades funcionales, según la descripción de Badui (1988), son "propiedades de algunos compuestos. Las proteínas y los polisacáridos tienen el poder de alterar la viscosidad, la formación de espuma, la hidratación, la emulsificación y la turbidez de un alimento, entre otras cualidades fisicoquímicas que afectan a la calidad del producto.

Las propiedades físicas, químicas y biológicas de los ingredientes de un alimento definen en última instancia las características funcionales del producto, principalmente su sabor, textura y aroma. Dado que tiene en cuenta una consecuencia universal de la reacción según un conjunto de atributos en determinadas circunstancias, "funcionalidad" es un concepto que pertenece a un nivel superior al de la propiedad específica. (Eads, 1994, citado por Boatella et al., 2004).

Según una primera aproximación, la Tabla 1 indica las macromoléculas y como se clasifican según sus propiedades funcionales. (Lorient et al. 1988, citado por Boatella et al. 2004):

Tabla 1.1 Propiedad funcional

Propiedad funcional	
Adsorción	<i>Retención de aromas</i>
	<i>Retención de lípidos</i>
	<i>Adsorción de agua</i>
Interfaciales	<i>Aumento de volumen</i>
	<i>Emulsion</i>
	<i>Espuma</i>
Hidratación	<i>Retención de agua</i>
	<i>Solubilidad</i>
	<i>Viscosidad</i>
Textura	<i>Porosidad</i>
	<i>Agregación</i>
	<i>Gelificación</i>
	<i>Elasticidad</i>
	<i>Microestructura</i>

Elaborado por: Lorient, et al. 1988, citado por Boatella, et al. 2004.

1.1.3.3 Antioxidantes.

Una sustancia química que se encuentra en los alimentos es un antioxidante. que tiene la propiedad de reducir el impacto negativo que las especies reactivas pueden tener en la biología humana. Según Coronado et al. (2015), las capacidades antioxidantes son cruciales en las interacciones químico-biológicas, así como en el deterioro de los alimentos debido a la oxidación.

En el sector alimentario, los antioxidantes son de gran utilidad para demorar los procesos de enranciamiento oxidativo y los procesos de oxidación. (Llancari, A., 2011). El proceso de oxidación-reducción, que consta de dos etapas básicas: a) pérdida de electrones (oxidación del hidrógeno) con aumento del oxígeno en la molécula, y b) ganancia de electrones (reducción del hidrógeno) con disminución del oxígeno, está relacionado con la función antioxidante. Esto sugiere que la molécula que oxida el oxidante reacciona con él para disminuirlo. El cuerpo humano pasa por un proceso conocido como par oxido-reductor o equilibrio Redox (Quintanar, M., 2009).

Al examinar los mecanismos de defensa del cuerpo humano, descubrimos una especie en juego: los radicales libres. Una figura química conocida como radical libre tiene uno o más

electrones libres no apareados. La formación de radicales libres posteriores en una cadena depende de su alta reactividad (Zapata, et al., 2007).

Los radicales libres son producidos por diversos factores ambientales, como la radiación (ultravioleta, gamma, hertziana), los contaminantes (atmosféricos, acuáticos y del suelo) y el metabolismo humano. También tienen relación con el consumo de drogas, bebidas embriagantes y cigarrillos, la dieta inadecuada y la exposición a pesticidas o fertilizantes. También son factores los altos niveles de alteraciones psicológicas y el metabolismo de sustancias específicas (Llancari, A., 2011).

La caracterización de los alimentos debe basarse en los resultados de numerosas pruebas que utilicen diversas metodologías de evaluación, entre las que se incluyen el análisis funcional, el análisis proximal y la determinación de antioxidantes (Méndez, L. 2020).

1.1.4 Proteínas y su importancia en los alimentos.

Es necesario definir, clasificar y describir cada una de las características de las proteínas, ya que su presencia influye en la composición fisicoquímica de las comidas.

1.1.4.1 Aplicaciones de las proteínas y sus propiedades.

El aspecto y el comportamiento de diversas cualidades dietéticas están influidos por sus aspectos funcionales, o características fisicoquímicas. Algunos ejemplos son las características funcionales de hidratación, gelificación, formación de espuma y otras, que, según las investigaciones citadas por Ramírez et al. (2009), actualmente también están relacionadas con la presencia de fibra dietética. La importante propiedad de las proteínas de crear espuma es necesaria para hacer pan, pasteles y dulces, así como para elaborar platos y postres congelados. Al examinar las propiedades de las proteínas, es importante tener en cuenta tanto su capacidad espumante como su capacidad estabilizadora del sistema, que dependen de varios factores, como el tipo de proteína, el grado de desnaturalización, la temperatura, el pH, la presencia o no de iones de calcio, las técnicas de batido y otros componentes químicos (lípidos y glúcidos) (Aguilar, V. et al., 2013, Pincioli, M., 2010). Es muy recomendable extraer concentrados proteicos como aditivos en otros alimentos y aprovechar los productos que son altamente aceptados por el

consumidor final, ya que actualmente Las matrices proteínicas se utilizan con frecuencia en la preparación de comidas y aportan valor nutricional y propiedades funcionales que proporcionan calidad en el producto final, como retención de agua, mejor textura, rendimiento y color (Zamora et al, 2020).

Dado que la principal aceptación de un producto procede del consumidor, la calidad de un alimento se refiere a las cualidades sensoriales, incluidas las organolépticas (aspecto, textura, color y sabor), y a los aspectos nutricionales. Los principales rasgos funcionales de las proteínas en matrices alimentarias se enumeran en la Tabla 2. (Badui, 2006).

Tabla 1.2 Propiedades funcionales de las proteínas en matrices alimentarias

Tipo de interacción	Propiedad	Mecanismo	Uso tecnológico
Proteína – agua	Solubilidad	Hidrosolubilidad	La estructura tridimensional de las moléculas que componen los alimentos es lo que provoca los comportamientos aquí descritos.
	Viscosidad	Fijación de agua (tamaño y forma)	Se utilizan para cambiar la textura de productos como salsas, coberturas, sopas, ensaladas y postres.
	Retención de agua	Puente hidrogeno de	Aportan humectación a los productos para controlar su actividad acuosa. Se utilizan en productos de panadería como salchichas y galletas en los que interviene el agua.
Proteína – proteína	Gelificación	Formación de red tridimensional	Glaseados, flanes, natillas, cremas, surimi, quesos, carnes y galletas los utilizan para dar a estos alimentos su característico tacto semisólido.
	Cohesión y adhesión	Interacciones hidrofóbicas, iónicas y puentes de hidrógeno	Se utilizan en la producción de carne, embutidos, pasta y productos de panadería; permiten mezclar varios ingredientes en un solo producto alimenticio.
	Elasticidad	Interacciones hidrofóbicas y puentes disulfuro	Se utilizan para mejorar las cualidades reológicas de las harinas cárnicas, las pastas y los productos horneados.
A nivel superficial	Emulsión	En la interfase se produce adsorción y formación de película.	Para estabilizar emulsiones de aceite en agua, se añaden a sopas, aliños, galletas, salsas y embutidos.

	Formación de espumas	En la interfase se produce adsorción y formación de película.	Se utilizan para producir productos de panadería, helados, dulces y nata montada más ligeros y aireados.
--	----------------------	---	--

Fuente: López, 2014

1.1.4.2 Emulsiones y propiedades emulsificantes.

Emulsión se describe como un líquido que se dispersa en otro líquido que no es miscible con él. Un ejemplo es una emulsión de aceite en agua (española, 2022).

Las dispersiones de dos líquidos inmiscibles se conocen como emulsiones. Uno está diseminado de forma continua, mientras que el otro se dispersa en gotitas diminutas. El término "capacidad emulsionante" la cantidad máxima de aceite que se puede emulsionar antes de que se produzca la inversión de fase como resultado de circunstancias particulares y de una cantidad determinada de proteínas. Las siguientes variables: el tamaño de las gotas, la viscosidad de la fase continua, la temperatura, el diferencial de densidad entre fases, la relación volumétrica entre fases, las características de la película interfacial y el esfuerzo mecánico (agitación, batido) al que se somete la emulsión son factores que afectan a la estabilidad de una emulsión. (Wagner, 2000, citado por Pincirolí, M., 2010).

Las propiedades emulsionantes son cruciales para la preparación de alimentos. (Sikorski, 2007, citado por Aguilar, V. et al., 2013). Estas características están influenciadas por las propiedades estructurales y químicas de las proteínas, el contenido de aminoácidos, el grado de hidrólisis, las áreas hidrofóbicas, el peso molecular y las condiciones ambientales como el pH, la temperatura y los impactos iónicos.

Para evaluar la capacidad emulsionante de las proteínas pueden utilizarse varias técnicas, entre ellas las que se indican en la Tabla 3.

Tabla 1.3 Métodos para determinas las propiedades emulsificantes

Propiedad	Técnicas
Medición del tamaño de gota	Contador Coulter, microscopía óptica y de fluorescencia.
Actividad Emulsificante (EA)	turbidimetría, conductividad diferencial y tamaño de partículas.

Índice de Actividad Emulsificante (IAE)	Turbidimetría.
Capacidad Emulsificante (EC)	La viscosidad, la resistencia eléctrica y el aspecto de la emulsión cambian como consecuencia de la ruptura.
Estabilidad de emulsión (ES)	Centrifugación, calentamiento.
Hidrofobicidad superficial	ensayos espectrofluorométricos, fluorescencia intrínseca, unión de ligandos hidrofóbicos y HPLC.

Fuente: Badui, 2006.

1.1.4.3 Capacidad de emulsión

La cantidad añadida justo antes de la inversión de fase, que se caracteriza por un cambio en la composición de la emulsión de aceite en agua a agua en aceite, hasta provocar una ruptura de la emulsión y que es visible por su viscosidad, color y propiedades eléctricas. se refiere a la cantidad máxima de aceite por gramo de proteína que puede emulsionarse en mililitros (mL), hasta los cambios de emulsión. Esto se consigue mediante la incorporación continua de dispersante proteico. Para una emulsión estabilizada con proteína, la inversión de fase ocurre típicamente cuando la fase apolar dispersa está entre 0,65-0,85 (Davalos, 2016).

1.1.4.4 Estabilidad de la emulsión

Cuando se produce la estabilidad, suele durar días y no hay separación de la emulsión ni de la otra fase que se formó. Persiste incluso cuando se almacena en condiciones ambientales. Si se quiere evaluar la estabilidad, se somete a varias temperaturas en una centrifugadora y se observa si se produce algún cambio. Esto puede cuantificarse como una disminución del área interfacial de la emulsión, un porcentaje de nata separada o una medida de nata coalescida (Badui, 2006).

1.1.4.5 Absorción de agua y aceite.

Esto puede cuantificarse como una disminución del área interfacial de la emulsión, un porcentaje de nata separada o una medida de nata coalescida (Badui, 2006), que muestra su capacidad para absorber agua (Dávalos, 2016).

La capacidad de absorción de aceite es una medida de la cantidad de aceite que puede absorber una muestra seca por gramo, y está relacionada tanto con la captura física del aceite como con la accesibilidad de los lugares no polares de la cadena polipeptídica.

En general, las sustancias aceitosas pueden ser absorbidas o atrapadas más eficazmente por partículas con una amplia superficie. Una baja retención de aceite ofrece una sensación no grasa, como se observa en los alimentos fritos, mientras que una alta retención de aceite reduce la jugosidad y mejora los productos cárnicos (Dávalos, 2016).

La temperatura (150-180°C), el tiempo, los parámetros del alimento (composición, estructura superficial, humedad, contenido lipídico, forma del producto) y los agentes humectantes son sólo algunos de los factores que afectan al procedimiento de absorción del aceite (Montes, 2016).

1.1.4.6 Espumas y propiedades y formación de espumas.

La espuma se describe como una masa de burbujas que aparecen en la superficie del líquido y están más o menos firmemente adheridas entre sí en el diccionario de la Real Academia Española (española, 2022).

Las dos fases de los sistemas coloidales que componen las espumas son la fase líquida o acuosa y la fase gaseosa o de aire disperso. Las dos propiedades de las espumas son su estabilidad (medida como el tiempo que tarda la espuma en colapsar) y su capacidad espumante (dada como porcentaje en volumen). Ambas dependen del proceso utilizado para obtenerlas (Aguilar, V. et al., 2013).

El término "capacidad espumante" en referencia a las proteínas se refiere a la cantidad de área interfacial que puede producir la proteína y se expresa como exceso de rendimiento o poder espumante. Estas espumas se forman por dispersión o condensación e incluyen crema montada, helados, tartas, suflés, pan, merengues, malvaviscos y mousses (Badui, 2006).

Aumentar la viscosidad de la fase líquida dispersa, añadir agentes espumantes para reducir la tensión de la interfaz y aumentar la carga electrostática y la flexibilidad de las películas líquidas pueden ayudar a mantener la estabilidad de la espuma, se puede prolongar el periodo que dura la espuma sin perder el aire que lleva integrado. Al burbujear, agitar o remover una solución proteica, se pueden estabilizar las proteínas (Rugiero, 2014).

Baja tensión interfásica y alta viscosidad en fase líquida y unas películas proteicas adsorbidas fuertes y elásticas son los elementos más cruciales para estabilizar las espumas (Rugiero, 2014).

La industria podría reducir costes, mejorar su competitividad y, posiblemente, construir nuevas estrategias de beneficio (nuevos bienes) gracias al aprovechamiento de lo que ya no serían residuos. (Tacchini, et al.,2019).

1.2 El uso de las harinas en la alimentación.

En el transcurso del tiempo la humanidad ha estado ligada al uso de la harina en la alimentación. Existen testimonios de su uso para la elaboración de panes y pasteles que se remontan a la época egipcia. Todas las civilizaciones antiguas utilizaban el trigo como cereal para el sustento humano (Rossel, 2011, citado por Torres, M., Jiménez y M. Bárcenas, 2014).

1.2.1 Harinas no convencionales empleadas en la alimentación humana.

El género *Triticum* es el hogar del trigo. Es el cereal más utilizado para hacer pan, seguido de la cebada. A través de la producción de su harina (blanca, integral, sémola y malta), este cultivo rinde una enorme cantidad de bienes. Según Gómez-Pallarés, León y Rossel (2006), citado por Torres et al., (2014), estos productos incluyen panes, cerveza, galletas, aperitivos, pasta, etc.

Una harina no tradicional es la elaborada a partir de una fuente distinta de los cereales, como frutas o legumbres. Dado que los cereales, las legumbres y las frutas carecen de aminoácidos importantes o los contienen, sus harinas pueden combinarse para obtener un producto con un mejor perfil de aminoácidos (Serna, 2005). Por ejemplo, las harinas de plátano y mango inmaduros constituyen una fuente importante de almidón resistente, según Agama, E., Islas, J., Osorio, P., Rendón, R., y Angulo, O. Bello (2009). Por otro lado, las harinas de cítricos, otra harina tradicional de gran interés por las ventajas que ofrece a las personas, contienen componentes significativos entre los que destacan la fibra y los antioxidantes.

En consecuencia, sería posible crear alimentos funcionales a partir de residuos de frutas que tengan un alto contenido en fibra, lo que potenciaría sus cualidades funcionales (Escudero et al., 2016). El consumo de fibra reduce el riesgo de contraer enfermedades como la diabetes, la hipertensión y la obesidad. (AACC, 2001). Los antioxidantes mantienen los procesos fisiológicos regulares de los seres humanos funcionando con

normalidad, previniendo enfermedades crónicas y sirviendo de defensa y protección (Coronado et al., 2015). Al eliminar o erradicar los radicales libres, los alimentos ricos en antioxidantes disminuyen o retrasan la oxidación (Gavilanez, 2007). Una alta concentración de estos átomos, conocidos como radicales libres, puede provocar enfermedades como inflamación, cáncer, problemas respiratorios y cardiovasculares, así como un envejecimiento celular acelerado (Peña, 2016).

La producción de cítricos, mangos y plátanos se enfrenta a problemas similares con los restos agroindustriales porque la oferta suele superar a la demanda. Por este motivo, se sugiere que estos productos alimentarios se utilicen de formas más variadas (Bello, L. et al., 2011, citado por Torres, et al., 2014).

Los pasos de lavado, picado o molido y secado pueden aplicarse ampliamente al proceso de creación de harinas de frutas o verduras, dependiendo del producto a procesar (Neacsu, et al., 2015). Según Betoret et al. (2016), el objetivo actual es eliminar la humedad de los alimentos conservando su calidad original, minimizando el impacto ambiental y reduciendo los costes operativos en los procesos.

Una de las formas para obtener harinas de cáscara (flavedo) de naranja consiste en realizar una limpieza previa (véanse las figuras 1.2, 1.3 y 1.4), retirar las semillas y separar la cáscara (flavedo). Para limpiar la cáscara y disminuir su amargor, se enjuaga con agua ionizada (solución de hipoclorito). Para pulverizarla, se congela en un liofilizador entre -47 y -48 grados Celsius. Para obtener una harina geoméricamente homogénea, se tamiza en un tamiz de malla 60 (250 mm) (Sivakumar, 2016, Sáenz, et al., 2007).



Fig. 1.2 Lavado de la fruta.



Fig. 1.3 Eliminación de semillas y separación de la cáscara (flavedo).



Fig. 1.4 Preparación para secado de la cáscara.

Las cáscaras (flavedo) restantes se pesan, se enjuagan con agua destilada y se cortan en porciones de unos 4 cm² antes de llenar los restos hasta el borde con agua purificada y colocarlos en un baño con agua por 10 minutos a unos 95°C. Este método fue propuesto por Hosseini, S. et al., en 2016, y es citado por Ramírez, T. et al., en 2020. Los restos de piel de naranja se secan en un horno a 60°C hasta peso constante después de dejarlos enfriar (véanse las figuras 1.5 y 1.6). A continuación, se muele la harina, se pesa y se guarda en tarros de cristal.



Fig. 1.5 Cáscara preparada para ser secada.



Fig. 1.6 Cáscara seca para luego ser molida.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Es un residuo orgánico la cáscara de naranja y es generado a nivel industrial y doméstico. En la actualidad México es uno de los cinco primeros productores a nivel mundial de naranja dulce (*Citrus sinensis*), con una producción aproximada de 4.2 millones de toneladas, que se comercializan en el mercado nacional e internacional. Este alimento generalmente se consume solo su jugo, dejando un subproducto o desecho que representan el 50% de su peso aproximado.

El procesamiento del jugo de naranja ocasiona una alta concentración de residuos, estos luego se tienen que tratar con otros productos para minimizar su daño ecológico; otra

solución sería darle un valor agregado, reduciendo el daño ambiental y aportando un beneficio en la economía (Cury, et al; 2017).

Grandes cantidades de elementos bioactivos están aunados a los residuos de los cítricos. En cuanto a composición como a la calidad de estos bioactivos va a depender de cómo fueron tratados estos residuos en la industria, de su nivel de madurez, variedad y factores edafoclimáticos (Wong, et al., 2010 y Hosini, et al., 2010). Aunque componentes como los aceites esenciales, son característicos de ubicaciones específicas en el fruto, como la cáscara y hojas.

Realizar investigaciones que aporten conocimiento sobre los mejores métodos para la obtención y formulación de productos que aprovechen recursos de desecho es de vital importancia, tanto para el cuidado del medio ambiente como para la propuesta de productos que aporten beneficios funcionales a los alimentos que consumimos a diario.

1.4 HIPÓTESIS

La harina de cáscara de naranja puede ser utilizada como un aditivo alimentario capaz de mejorar propiedades fisicoquímicas.

1.5 OBJETIVOS

General:

Caracterizar fisicoquímica, funcional y bioactivamente la harina de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) para determinar su posible uso como un aditivo alimentario.

Específicos:

- 1.- Desarrollar una metodología para la obtención de una harina a partir de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*).
- 2.- Caracterizar fisicoquímicamente, mediante la composición proximal, el pH, la acidez titulable y los sólidos solubles la harina de la cáscara de naranja obtenida.
- 3.- Caracterizar funcionalmente mediante la capacidad de absorción de agua y aceite, la capacidad y estabilidad de la espuma, así como la capacidad y estabilidad de la emulsión, la harina de la cáscara de naranja obtenida previamente.

4.- Caracterizar bioactivamente, mediante la actividad antioxidante, la harina de la cáscara de naranja obtenida.

CAPÍTULO II

2.1 MATERIALES Y MÉTODOS

La naranja (*Citrus sinensis*) utilizada para este estudio fue cultivada y cosechada en Oxxutzcab, Yucatán, México los primeros días de agosto de 2022. Las muestras fueron adquiridas en el mercado central de Calkini, ciudad de Campeche, en estado de madurez y en condiciones óptimas, a partir del día 15 del mes de agosto de 2022.

Todas las pruebas de laboratorio fueron realizadas en el Instituto Tecnológico Superior de Calkini (ITESCAM).

La muestra de estudio utilizada en esta investigación fue el componente no comestible de la naranja correspondiente a la cáscara (llamada flavedo). Las naranjas se seleccionaron según su apariencia, sin daños físicos o magulladuras. Se lavaron con abundante agua potable, se dejaron escurrir para luego retirarle solamente su cáscara utilizando un cuchillo de cocina. Se trató de retirar de la cáscara de naranja, en lo más posible, la porción del albedo (parte blanca de la naranja), junto con las partes de vesículas (residuos de pulpa adherida) y semillas de la naranja.

2.2 OBTENCIÓN DE LA HARINA.

El flavedo de naranja se dividió en cuadrados de 4 a 5 cm y se escaldó durante 10 minutos en un baño de agua a 95°C, esto se realizó con el objetivo de minimizar el amargor, la carga microbiana y la inactivación enzimática. Una vez cumplido el tiempo del escalde se dejó escurrir la cáscara y se colocaron en charolas y para obtener un peso estable, hornear durante 24 horas a 65 °C en un horno de convección. Finalmente se obtuvo la harina al ir licuando porciones de cáscara seca en una licuadora comercial y luego ser tamizada a través de una malla calibre 60 (correspondiente a 250 micrómetros, μm). La harina se conservó en frascos de vidrio previamente esterilizados a temperatura ambiente para su posterior utilización en las pruebas fisicoquímicas y funcionales que se realizarían.

2.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

La metodología empleada se basa en varios autores que siguieron las normas de calidad analíticas internacionales (AOAC), por sus siglas en inglés. Cada una de las pruebas se realizaron por triplicado.

2.3.1 Humedad (Método 925.09). Se completó con un secado en estufa a 105°C, que tardó unas 4 horas en alcanzar un peso constante. En una harina, la presencia de humedad superior a un 8% a los insectos le es muy favorable su proliferación, y con un 14%, existe la posibilidad de que se produzcan infecciones bacterianas y fúngicas. Este método se basa en pesar los componentes secos y húmedos de una muestra después de haberla secado en un horno. El equipo incluía un desecador, una balanza analítica y un horno de secado por convección. Como parte del procedimiento, se introdujo un gramo de muestra molida pesada en un horno a 105°C durante cuatro horas. La muestra se pesó una vez hubo terminado de enfriarse en el desecador. (ver figura 2.1).

Los cálculos se realizaron de la siguiente manera:

Cálculos

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{(B - A) - (C - A)}{B - A} \times 100$$

Donde:

A = Peso del crisol seco y limpio (g)

B = Peso del crisol + muestra húmeda (g)

C = Peso del crisol + muestra seca (g)



Fig. 2.1 Estufa de secado por convección.

2.3.2 Cenizas (Método 923.03). Se determinó el residuo inorgánico resultante de la pérdida total de la materia orgánica durante la calcinación en mufla a 550°C por 6 hrs (ver figura 2.2). El resultado se tiene en cuenta al calcular la composición mineral o inorgánica global de la muestra. Se utilizaron muflas, desecadores y crisoles de porcelana. El proceso consistía en calcinar primero los crisoles en una mufla y después introducirlos en un horno y llevar su peso a un nivel constante. Se agregó una muestra de 1 gramo en cada crisol y se pesaron en una balanza analítica, luego se colocaron en una mufla a 550°C durante 6 horas, hasta su calcinación. A continuación, se pesaron meticulosamente los crisoles que contenían las cenizas.

Cálculos realizados:

A = Peso del crisol con muestra (g)

B = Peso del crisol con ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

$$\text{Contenido de cenizas (\%)} = \frac{A - B}{C} \times 100$$



Fig.2.2 Mufia.

2.3.3 Grasa cruda (Método 920.34). En este método, las grasas de la muestra se extraen con hexano y luego se miden como porcentaje en peso una vez evaporado el disolvente.

Material y Equipo

- Aparato de extracción Soxhlet (ver figura 2.3).
- Horno de laboratorio ajustado a 105°C.
- Desecador.
- Dedales de extracción.

El procedimiento consistió en colocar a peso constante los matraces de extracción, y ponerlos luego a enfriar en un desecador para luego ser pesados con aproximación de miligramos. Las pruebas se realizaron por triplicado. Se pesaron en tres dedales de extracción, La unidad de extracción recibió 0,5 gramos del material seco, redondeados al miligramo más cercano. Se conectaron al equipo los matraces que contenían benceno a dos tercios del volumen necesario a llenar. Se llevó a evaporación y se graduó el calor de

manera que se logaran tres reflujos cada 15 minutos. El tiempo de las extracciones está determinada por la cantidad de lípidos en la muestra, aproximadamente para muestras con alto contenido graso es de 6 horas. Aquí fue necesaria una hora de extracción.

Por último, se eliminó el residuo de disolvente de cada matraz introduciéndolo en un horno de convección durante una hora y media. Los matraces se pesaron al miligramo más próximo después de enfriarse en el desecador. Para la determinación de la fibra bruta se empleó la muestra desgrasada.

Cálculos

A = Peso del matraz limpio y seco (g)

B = Peso del matraz con grasa (g)

C = Peso de la muestra (g)

$$\% \text{ de lípidos o grasa cruda} = \frac{B - A}{C} \times 100$$



Fig. 2.3 Equipo soxlet para determinación de extracto etéreo (grasa cruda).

2.3.4 Fibra cruda (Método 962.09). Tras dos digestiones de la muestra, una ácida (H_2SO_4) seguida de una alcalina (NaOH), el residuo orgánico insoluble se identificó de las

muestras desengrasadas de la prueba de grasa cruda y los crisoles para fibra cruda (por triplicado). Una vez digerida la muestra con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido sódico y calcinado el residuo, puede utilizarse este procedimiento para determinar el contenido de fibra de la muestra (véase la figura 2.4). La cantidad de fibra presente se indica por la diferencia de peso tras la calcinación.

Cálculos

A = Peso del crisol con el residuo seco (g)

B = Peso del crisol con la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

$$\text{Contenido de fibra cruda (\%)} = \left(\frac{A - B}{C} \right) * 100$$



Fig. 2.4 Equipo para determinación de fibra cruda.

2.3.5 Cuantificación de proteínas mediante técnica de Lowry modificada.

Para cuantificar el contenido proteínico de la sustancia concentrada se utilizó el método colorimétrico de Lowry (Lowry et al., 1951) modificado por Peterson (1977). Se siguieron los siguientes pasos para preparar los reactivos para el desarrollo de la técnica:

- Reactivo A: CuSO_4 pentahidratado al 1% en agua (60 mg en 6 mL).
- Reactivo B: Tartrato sódico-potásico al 2% (100 mg en 5 mL de agua destilada).
- Reactivo C: Na_2CO_3 al 2% en NaOH 1N (se pesó 2.5 g de carbonato, se adicionó 12.5 mL de NaOH y se diluyó con 112.5 mL de agua destilada).
- Reactivo Lowry: se preparó mezclando los reactivos A, B y C en proporciones de 10: 0,1: 0,1(en volumen).
- Reactivo Folin-Ciocalteu: el reactivo se diluyó a 1:1 en agua, (5 mL de reactivo en 5 mL de agua destilada).

Para la determinación de las proteínas se construyó una curva de calibración usando solución estándar de albúmina sérica bovina (BSA) preparado y diluyendo 10 mg en 5 mL de agua destilada. El patrón empleado se diluyó para obtener concentraciones en el intervalo 10 - 100 mg/mL. Luego de la preparación de la solución de BSA se numeraron 5 tubos del 0-4, se añadieron las cantidades de agua y patrón de albumina señaladas en el cuadro 1. Seguidamente se tomaron 300 μL de cada solución y se vertieron en diferentes tubos, a cada tubo se le añadió 5 ml del reactivo de Lowry y se agitaron. Se esperó 10 min y se añadió 0.5 ml del reactivo de Folin-Ciocalteu mezclando muy bien por agitación. Se dejaron reposar 45 min protegiéndolos de la luz. Se midió la absorbancia a 740 nm en un espectrofotómetro UV/VIS (Perkin Elmer precisely Lambda 25) para después aplicar una regresión lineal donde se representa la función exponencial de los valores de absorbancia obtenidos frente a la concentración de proteína. Mediante la ecuación de la recta se

procedió al cálculo del contenido de proteínas empleando las absorbancias de cada una de las muestras preparadas.

Tabla 2.1 Volumen de agua, solución patrón, reactivo Lowry y Folin diluido para la determinación de proteínas.

Tubo	Concentración (ppm)	Agua (mL)	BSA (mL)	Reactivo de Lowry (mL)	Folin diluido
0	0	1	0	5	0.5
1	10	0.9	0.1	5	0.5
2	25	0.75	0.25	5	0.5
3	50	0.50	0.50	5	0.5
4	100	0	1	5	0.5



Fig. 2.5 Espectrofotómetro utilizado para la determinación de proteínas.

2.3.6 pH. Se utilizó un potenciómetro Metrohm 827 (véase la figura 2.6) para medir el pH de una dispersión acuosa al 1% (p/v) sumergiendo directamente el electrodo en la muestra por triplicado.



Fig. 2.6 Potenciómetro.

2.3.7 Solidos solubles. Se realizaron mediciones por triplicado con un refractómetro digital a temperatura ambiente (25°C) y se expresaron como °Bx.

2.3.8 Acidez titulable. Utilizando una muestra de 1 g diluida en 25 g de agua destilada, tres gotas de fenolftaleína y homogeneizando la mezcla, se determinó por triplicado en matraces de 125 mL. Cuando el pH de la mezcla alcanzó 8,3 (vire de la fenolftaleína), se añadió hidróxido de sodio y se tituló 1N. La proporción de acidez se calculó mediante la fórmula siguiente y se dio como porcentaje de ácido cítrico:

$$\text{porcentaje de acidez} = \frac{N \cdot V \cdot \text{Meq}}{P} \times 100$$

Donde:

N = normalidad de la solución de sosa usada para titular

P = peso de la muestra (g)

V = volumen de la solución de sosa usada para titular (mL)

Meq = miliequivalentes de ácido cítrico (0.064)

2.3.9 Densidad. Se determinó por triplicado en picnómetros lavados con agua destilada y con etanol al 96%.

2.4 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL

2.4.1 Capacidad emulsificante.

Se determinó empleando el método señalado por Chau et al., (1997) con algunas modificaciones. Esta prueba se realizó en un perfil de pH de 3, 5, 7 y 9 (ver figura 2.7). Se prepararon 5mL de una suspensión la muestra al 2% (P/V), se ajustó el pH al nivel deseado, con NaOH 0.1N y/o HCl 0.1N, posteriormente fue emulsificada la muestra usando un agitador (vortex) por 1 minuto (ver figura 2.8). Se añadió 0.375 mL de aceite de soya y fue homogenizado por un minuto más. El volumen de la emulsión se midió tras centrifugación a 1.200 rpm durante 5 min en tubos graduados de 15 mL de capacidad. La relación entre el volumen de la capa emulsionada y el volumen total de la capa en el tubo, multiplicada por 100, se utilizó para expresar la actividad emulsionante.



Fig. 2.7 Perfil de pH. (capacidad emulsificante).



Fig. 2.8 Agitador (vortex).

2.4.2 Estabilidad de la emulsión (EE).

Se prepararon 10 mL de una suspensión muestra al 2% (P/V) y se ajustó a diferentes pHs (en un rango de 3, 5, 7, 9) con NaOH 0.1N y/o HCl 0.1N, fue homogenizado usando un agitador (vortex) por 1 minuto. Se añadieron 0,75 mL de aceite de soja y se continuó homogeneizando durante 1 minuto más. Tras 30 minutos de calentamiento a 80°C, se enfrió a temperatura ambiente. El volumen de la emulsión se midió centrifugándola en tubos graduados de 15 mL a 1200 rpm durante 5 min (véase la figura 2.9). El volumen de la emulsión inicial y el volumen de la capa emulsionante superviviente se utilizaron para calcular la estabilidad emulsionante.



Fig. 2.9 Estabilidad de la emulsión (EE).

2.4.3 Capacidad de formación de espuma y prueba de estabilidad de espuma.

Se determinaron de acuerdo con el método indicado por Chau et al., (1997) con algunas modificaciones. Se emplearon 25 mL de agua con 0.375 g de la muestra de harina y se ajustó el pH (3, 5, 7 y 9) con NaOH 0.1N y/o HCl 0.1N, se mezcló durante cinco minutos a baja velocidad. Se registró el volumen de espuma después de 30 segundos de transferir la suspensión a una probeta graduada de 250 ml, y la capacidad espumante se expresó como el aumento porcentual del volumen de espuma después de 30 segundos (véase la figura 2.10). El volumen de espuma se midió después de 5, 30 y 120 minutos de reposo, y la cantidad de espuma que seguía presente en esos momentos se utilizó para calcular la estabilidad de la espuma.



Fig. 2.10 Estabilidad de espuma.

2.4.4 Capacidad de absorción de agua y aceite.

Con algunos ajustes, se aplicó la metodología descrita por Chau et al. (1997). Utilizando una micro espátula, se midieron 0,25 g de muestra (b.s.) en tres tubos eppendorf graduados. Seis tubos graduados de 10 mL recibieron cada uno cinco mL de agua destilada o aceite de soja, según la prueba. Se cerraron cada tapa de los tubos y se etiquetaron (muestra con agua o aceite). Se colocaron en agitación constante (vortex), durante 1 min, posteriormente se pesaron para tener pesos equivalentes y no desbalancear la centrífuga. Se ajustó la centrífuga a 2,200 rpm por un tiempo de 30 minutos. Tras la centrifugación, se midió el volumen del sobrenadante en tubos de ensayo de 10 ml y se calculó la masa en gramos de agua o aceite separados utilizando la densidad correspondiente. En términos de

gramos de agua absorbida/gramos de muestra, se calculó la capacidad de absorción de agua. En términos de gramos de aceite absorbido/gramos de muestra, se calculó la capacidad de absorción de aceite.

2.5 CARACTERIZACIÓN BIOACTIVA

2.5.1 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los extractos etanólicos obtenidos de las harinas se realizaron por el método de (Cardador-Martínez, Loarca-Piña & Oomah, 2002, citado por Ruiz, et al. 2008).

El método consistió en añadir 50 µL de extracto etanólico y 100 µL de DPPH 125 µM en microtubos de centrífuga graduados de polipropileno denominados “Eppendorf” (en referencia por el mayor fabricante de estos tubos). El reactivo de DPPH se preparó con 10mg de DPPH y la adición de 2.5mL de etanol. A partir de esta solución se realizó una serie de diluciones para ajustar la absorbancia del reactivo a 0.8 nm. El reactivo se mantiene protegido de la luz a temperatura ambiente (Ver figura 2.11).

La absorbancia fue medida a 515 nm a los 0 y 30 min con un espectrofotómetro marca PerkinElmer Lambda 25.

La actividad antirradical se calcula como porcentaje de decoloración de DPPH, usando la siguiente ecuación:

$$\%ARA = \frac{(A_{control} - A_{muestra})}{(A_{control})} \times 100$$



Fig. 2.11 Prueba de actividad antioxidante.

CAPÍTULO III

3.1 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se obtuvo una harina por medio de un proceso de secado en horno de convección, molienda y tamizado con un tamiz de acero inoxidable de luz de malla calibre 60. Al final se obtuvieron 500 gramos de harina de cáscara de naranja que se almacenó en un frasco de vidrio esterilizado. El color de la harina fue pálido con un fuerte olor cítrico. Esta harina se utilizó para las pruebas fisicoquímicas, análisis proximales y funcionales, además de la prueba de capacidad antioxidante.

Las pruebas fisicoquímicas realizadas consistieron en las determinaciones de la densidad, sólidos solubles, acidez titulable y pH. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Resultados de pruebas fisicoquímicas.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS
Densidad	1.002 ± 0.67 g/mL
Sólidos solubles	3.0 ± 0.50 g de sólidos/100g de solución (grados Brix)
Acidez titulable	0.013 ± 0.01 g de ác. /100 mL de solución
pH	4.20 ± 0.23

Autores como (Haque et al., 2015 y Guerra et al., 2017) reportan datos similares en cuanto al parámetro del pH: 3.81 ± 0.46 de Haque et al., 2015 y 4.29 ± 0.15 de Guerra et al., 2017.

En los parámetros de sólidos solubles (expresados como grados Brix) y acidez titulable, no se encontraron datos para harina de cáscara de naranja; por lo que se tomaron datos comparativos de Velazco, et al., 2020, que reporta los siguientes datos obtenidos para una harina de cáscara de guayaba: sólidos solubles (grados Brix) 3.033 ± 0.276 , Acidez titulable (porcentaje de ácido ascórbico) 0.451 ± 0.1648 .

Esto indican claramente que se trata de una harina cítrica, que les imprimiría amargor a los productos alimenticios donde vaya a adicionarse, por lo que el tratamiento

previo de escalde, realizado por 10 minutos a 90 grados centígrados; resulta ser muy conveniente y favorable para bajar su acidez.

De acuerdo con la tabla 3.2 determinaciones como el extracto etéreo, humedad, fibra cruda, proteínas y cenizas, sus resultados son muy semejantes a los reportados por autores como Haque et al., 2015, Martínez-Fernández et al., 2017, Muhammad et al., 2019 y Guerra et al., 2020. Solo la evaluación de proteínas fue más baja que la reportada por otros autores, pudiendo esto deberse al tratamiento previo que se le realizó a la cáscara de naranja, al aplicársele un escalde a 95°C por 10 minutos, lo que redujo y desnaturalizó a las de proteínas solubles en agua (albúminas) presentes.

Tabla 3.2 Resultados de pruebas proximales.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS (%)
Humedad	12.13 ± 0.41
Cenizas	2.85 ± 0.56
Extracto etéreo	2.53 ± 0.65
Fibra cruda	61.22 ± 0.72
Cuantificación de proteínas	1.22 ± 0.34
Hidratos de Carbono	20.05± 0.21

Con respecto a la fibra cruda, esta obtuvo un resultado de 61.22%, cercano al reportado por Haque et al, 2015, de 63.04 ± 1.62, lo que indica que esta harina es un buen aditivo alimentario, ya que la ingestión de fibra vegetal ayuda al tránsito en el tracto digestivo, disminuye el índice glicémico de los alimentos, da una mejor respuesta a la insulina y combate la obesidad, como otras enfermedades degenerativas. Por esta razón se recomienda la ingesta de fibra en la dieta diaria (Biasoli, et al., 2017).

Las propiedades funcionales se definen como cualquier propiedad de los polímeros que afecta o modifica las características de un alimento y contribuye a la calidad de un producto final (Badui, 1999).

Ramírez y Pacheco de Delahaye (2009) identifican índices cruciales para calibrar la funcionalidad de un componente alimentario y su posible uso en las pruebas funcionales de capacidad emulsionante y estabilidad de emulsión (ver Tablas 3.3 y 3.4). Cabe destacar

que en el análisis de ambas propiedades (capacidad y estabilidad emulsionante), la emulsión obtenida fue mínima en todos los casos, por lo que sería un ingrediente limitado para la formulación de productos que requieran la formación de una buena emulsión, como salsas y cremas, entre otros (Khalid et al., 2003). La capacidad de formar emulsiones depende del equilibrio de grupos hidrófilos y lipofílicos presentes en los componentes de la fibra.

Tabla 3.3 Resultados de caracterización funcional de la capacidad emulsificante.

CAPACIDAD EMULSIFICANTE	RESULTADOS (% de aumento)
pH 3	1
pH 5	1
pH 7	2.3
pH 9	2

La estabilidad de la emulsión se midió con respecto a los pH de 3, 5, 7 y 9 (como se indica en la tabla 3.4). Se tomaron tiempos de 5, 30, 60 y 120 minutos, donde los resultados muestran muy poca formación de emulsión, la cual se mantiene estable solo los primeros 5 minutos. La mayor emulsión se presentó en el pH de 7 y en el de 9.

Tabla 3.4 Resultados de la caracterización funcional de la estabilidad emulsificante a 5, 30, 60 y 120 min respectivamente.

ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN	RESULTADOS (% de decrecimiento)
pH 3	0.5, 0, 0, 0
pH 5	0.7, 0, 0, 0
pH 7	1.0, 0, 0, 0
pH 9	1.0, 0, 0, 0

En cuanto a los resultados obtenidos en capacidad de formación de espuma, los resultados indican que la harina de cascara de naranja tiene altos porcentajes, principalmente a pH de 5 y 7 (ver tabla 3.5). La menor formación de espuma se presentó en los pH de 3 y 9. La capacidad para formar espumas depende de la cantidad de proteínas presentes, de su estructura (globulinas, en su mayoría), y de la desnaturalización de estas proteínas, que va a depender de su habilidad para precipitar y disminuir la tensión superficial

en la interfase aire-líquido en la espuma. Esto confirma que se requiere gran cantidad de proteína para que exista capacidad espumante.

Algunos autores (Chaparro et al., 2011) relacionan mayor capacidad espumante con la reducción de la tensión superficial, moléculas de proteínas flexibles y presencia de proteína globular alta y ordenada, lo que desnaturaliza la superficie en menor medida, lo que es causa de una baja formación de espumas.

Tabla 3.5 Resultados de caracterización funcional capacidad de formación de espuma.

CAPACIDAD ESPUMANTE	RESULTADOS (% de aumento)
pH 3	12%± 0.52
pH 5	16%± 0.37
pH 7	17%± 0.33
pH 9	12%± 0.21

La estabilidad de la espuma resultó ser mayor en los PH de 5 y 7, y menores en los pH de 3 y 9; aunque el porcentaje de decrecimiento se mantuvieron relativamente altos hasta el tiempo de 120 minutos (Ver Tabla 3.6)., Este resultado está acorde al obtenido con la de capacidad de formación de espumas, donde los más altos porcentajes se obtuvieron en los mismos pH citados (5 y 7).

Tabla 3.6 Resultados de caracterización funcional estabilidad de la espuma a 5, 30, 60 y 120 min respectivamente.

ESTABILIDAD DE LA ESPUMA	RESULTADOS (% de decrecimiento)
pH 3	20, 20, 50, 100
pH 5	30, 30, 70, 50
pH 7	30, 30, 40, 50
pH 9	20, 30, 50, 100

En la tabla 3.7 se muestran los resultados de la capacidad de absorción de agua (CAA) y capacidad de absorción de aceite (CAAC). Estos resultados son superiores a los reportados para cascaras de mango (Serna, et al., 2014)., Esto es favorecido porque las cáscaras de naranja contienen un alto contenido de fibras solubles e insolubles, lo que permite la absorción y que brinde sensación de saciedad al ser consumidos los productos que contienen estas harinas (Sáenz, et al., 2007).

Algunas de las características importantes de la fibra que imparten funcionalidad en los alimentos son la retención de agua y aceite, la absorción de agua y las propiedades reológicas.

Tabla 3.7 Resultados de caracterización funcional capacidad de absorción de agua y aceite.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS (g/g)
Capacidad de absorción de agua	11.36± 0.56
Capacidad de absorción de aceite	14.48± 0.03

La cantidad de agua (o aceite) que una fibra puede absorber cuando se le aplica una cantidad excesiva de agua (o aceite) se denomina capacidad de absorción de agua (o aceite). Dado que el material retiene casi toda el agua o aceite absorbido, en algunos casos es imposible determinar o discriminar entre la capacidad de retención de agua o aceite y la capacidad de absorción de agua o aceite, dependiendo de la composición de la fibra (Zambrano, et al., 2001).

La absorción de aceite (de soya) fue mayor con relación a la absorción de agua, aunque ambas tienen un buen porcentaje de retención, al ser la harina proveniente de una fruta. Se ha observado que las fibras insolubles tienen valores de absorción de aceite o moléculas orgánicas más elevados que las solubles, tanto por su contenido en lignina como por su mayor tamaño de partícula. Villarroel et al., (2003) descubrieron que la capacidad de absorción de aceite de la fibra dietética está relacionada con la composición química, así como con el tamaño y la superficie de las partículas de fibra. Independientemente del tamaño de las partículas, Prakongpan et al., (2002) investigaron esta característica en varias fibras aisladas del núcleo de la piña y descubrieron que la fibra dietética derivada tenía una mayor capacidad de absorción de aceite que la celulosa extraída. El uso de harinas de frutas en esta receta tiene en cuenta la importancia de la absorción de aceite en la tecnología alimentaria, los productos precocinados congelados listos para freír, las galletas y algunos platos elaborados con cereales.

En cuanto a la caracterización bioactiva (antioxidantes) (ver tabla 3.8) realizada a la cáscara de naranja, se obtuvieron resultados satisfactorios (33.15%), esto confirma que el empleo de esta harina sería benéfico para elaborar productos de panificación o incluso, en la heladería, ayudando con esto a reducir afecciones, como inflamaciones, algunos tipos

de cáncer, problemas respiratorios, cardíacos y envejecimiento acelerado de las células, gracias a que los antioxidantes eliminan radicales libres, causantes de estas afecciones (Peña, 2016).

Tabla 3.8 Resultado caracterización bioactiva.

PRUEBA	RESULTADOS (%)
Efecto antioxidante	33.15 ± 0.43

El porcentaje expresado obtenido para la actividad antioxidante con su desviación estándar resultó de los promedios realizados a las tres repeticiones. La actividad antioxidante fue evaluada con extracto etanólico, mediante la aplicación del método de decoloración o inhibición del radical DPPH, el resultado mayor se presentó al pasar los 30 minutos.

El porcentaje de inhibición del DPPH obtenido depende de la concentración de radical y la concentración de muestra empleado en este caso y, como la concentración de la muestra varía del trabajo de cada autor; no es preciso realizar comparaciones en este caso (Yu et al., 2002, citado por Rincón et al., 2014).

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio aportan nuevos conocimientos y combinan datos que pueden ser útiles para la creación de nuevos productos que utilicen residuos de frutas, como la cáscara de naranja.

Las características encontradas en la harina de cáscara de naranja (como sería el elevado contenido de fibras totales le confiere propiedades importantes en la tecnología de los alimentos y la encaminan a ser un buen aditivo alimentario en la preparación de productos de la panificación, pudines, merengues, bebidas instantáneas y en la heladería.

La calidad del producto final, la vida útil y el logro de un procedimiento ideal dependen de las propiedades de absorción de agua de la harina utilizada en la panificación. El contenido de fibra, humedad, cenizas, proteínas y grasas son las variables que inciden en este parámetro (Cerdeira et al. 2017, citado por Guerra et al., 2020).

Esta harina al contener un elevado contenido en fibras favorece la absorción de agua y aceite, lo que le da un aporte muy preciado para ser utilizado como un aditivo alimentario, principalmente en combinaciones con otras harinas, que complementen sus propiedades, es decir; que tengan un mayor porcentaje en proteínas y en compuestos con actividad antioxidante, como sería conveniente para esta harina cítrica y como se aplica en la mayoría de las harinas no convencionales que se empiezan a utilizar en el mercado internacional.

Incorporar aditivos alimentarios, como es el caso de la harina de cáscara de naranja, crea valor agregado y aumenta su valor nutricional. Algunos subproductos de las frutas altos en fibra confieren propiedades funcionales, como la gelificación y la retención de agua, que como hemos visto, son características necesarias en la elaboración de un sinfín de productos alimenticios comerciales.

Estas características son muy buscadas y crean un valor agregado que es el buscado por muchas empresas innovadoras (O'Shea et al., 2012). Sin embargo, se

requiere mayor investigación para comprobar las posibles aplicaciones en la formulación de alimentos, como sería mejorar en los métodos de obtención de la harina de cáscara de naranja, obtener mejores resultados y mayor porcentaje en proteína cruda y fomentar un aprovechamiento de los residuos generados por las empresas agroalimentarias, para beneficio económico, social y cuidado del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC. (2001). The definition of dietary fiber. *Cereal Foods Word*, 46: 112-126.
- Agama, E., Islas, J., Osorio, P., Rendón, R., Angulo, O. Bello, L. (2009). Pasta with unripe banana flour physical, texture and preference study. *Journal of Food Science*, 74(6). 90-95.
- Aguilar-Raymundo, V.G., Vélez-Ruiz, J.F. (2010). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*. 2013;7(2):25-37.
- Alvarado, T.L., Hernández, A.T. (2018). Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales. Volumen 5 (2), Julio-Diciembre, 2018, pp. 9-32*. Consultado el 22 de julio de 2022. Se localiza en red: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/1393/pdf>
- Angulo, L.V., De souza, V., De oliveira, R.A., Fakhouri, F.M. Caracterización de subproductos agroindustriales: naranja y maracuyá. *Revista Ingeniería y región*. Se encuentra en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7059316>
- Badui, S. (1988). *Diccionario de tecnología de los alimentos*. (1ra ed.). Editorial Alhambra.
- Badui S. (1999) *Química de los Alimentos*. Longman / Alhambra. México. 648 pp.
- Badui Dergal S. (2006) *Química de los alimentos*. Cuarta edición; Editorial PEARSON EDUCACIÓN, México.
- Barragán, B. E., Téllez, A., Laguna, A., 2008. Utilización de residuos agroindustriales. *Revista Sistemas ambientales*. 2. 44-50.
- Betoret, E.; Calabuig-Jiménez, I.; Barrera, C. y Dalla Rosa, M. (2016). Sustainable Drying Technologies for the Development of Functional Foods and Preservation of Bioactive Compounds. *Sustainable Drying Technologies*
- Boatella, J., Codony, R., & López, P. (2004). *Química y bioquímica de los alimentos II*. Barcelona, España. Ed. Universitat de Barcelona.
- Coronado H, Marta, Vega y León, Salvador, Gutiérrez T, Rey, Vázquez F, Marcela, & Radilla V, Claudia. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>.
- Congreso de la Unión (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Última reforma DOF 19-01-2018. Se localiza en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf

Comisión para la Cooperación Ambiental (2017). Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte. Se localiza en:

<http://www3.cec.org/islandora/es/item/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-paper-es.pdf>

Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivera, R. y Chams, L. (2019). Residuos agroindustriales, su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana Ciencia Animal.*) (supl): 122-132.

Chaparro A., S. P., Gil G., J. H., & Aristizábal T., I. D. (2011). Efecto de la hidratación y la cocción en las propiedades físicas y funcionales de la harina de vitabosa (*Mucuna deeringiana*). *Vitae*, 18(2), 133-143. Se localiza en red:

<https://www.redalyc.org/pdf/1698/169822670004.pdf>

Chau, C. F., Cheung, P. C., & Wong, Y. S. (1997). Functional properties of protein concentrates from three Chinese indigenous legume seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(7), 2500-2503.

Chimborazo, M.F. (2011). Tesis: *Efecto de Escaldado y Molienda en las Capacidades de Absorción y Retención de Agua en la Fibra Dietética de Naranja (Citrus sinensis)*. Ambato-Ecuador.

Dávalos Cuno L. M. (2016) *Desarrollo de Nuggets de Bonito (sarda Chiliensis Chiliensis) Bajos en calorías y con la adición de Chía (Salvia Hispánica) como Antioxidante*.

Escudero Álvarez, E., & González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21(Supl. 2), 61-72. Recuperado en 08 de agosto de 2022, de

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007&lng=es&tlng=es.

Española R. A. (2022) *Real Academia Española*. Obtenido de real academia española: <http://dle.rae.es>.

FAO, (2014). *OCDE-FAO*. Obtenido de Perspectivas agrícolas: <https://www.fao.org/3/i4738s/i4738s.pdf>

Fito P, Chiralt A. (2003). Ingeniería de matrices alimentarias: el uso del conjunto agua-estructura-funcionalidad en el desarrollo de productos alimenticios deshidratados. *Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. 2003;9(3):151-156. doi: 10.1177/1082013203034936.

Gavilánez, R. (2017). Evaluación de dos Antioxidantes en la Adhesión de un Cemento Resinoso en un Esmalte sometido a tratamiento de Clareamiento. Proyecto de Investigación presentado como requisito parcial para aprobar el trabajo de titulación, para optar por el Título de especialista en Estética y Operatoria Dental. Universidad Central de Ecuador. 1-68.

González Peláez, C. A. (2014). Identificación de materiales de naranja para la agroindustria de jugos y concentrados de exportación, adaptados a las condiciones agroecológicas de la zona cafetera central. Se localiza en red: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2747/18392584.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Guerra, E.C., Baños, M.I., Luna, A.L., González, N., & Jiménez, R. (2020). Caracterización de Harina de Naranja (*Citrus x sinensis*) para uso alimentario. Se localiza en red: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/12724-Article%20Text-38050-1-10-20200521%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/12724-Article%20Text-38050-1-10-20200521%20(3).pdf)

Haque, E.U., Hanif, M.S., Nadeem, M., Mehmood, A., Ibrar, M., Zafar, & Jabbar, S. (2015). Physicochemical and rheological study of orange pulp fortified cookies. Se localiza en red: <https://www.semanticscholar.org/paper/Physicochemical-and-rheological-study-of-orange-Haque-Hanif/c6feb253106db6cfe0ba3816a01a141897169d26>

Hosni, K., Zahed, N., Chrif, R., Abid, I., Medfei, W., Kallel, M., Nadia Brahim, B., Sebei, H. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian Citrus species: Evidence for the genotypic influence, Food Chemistry, Volume 123, Issue 4, 2010, Pages 1098-1104, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.068>.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2011. Paquete Tecnológico Cítricos. Programa estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-sureste de México: Trópico Húmedo 2011. Se localiza en: www.inifap.gob.mx/Documents/inicio/paquetes/citricos.pdf.

Khalid E, Babiker E, El Tiany E (2003) Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. Food Chem. 82: 361-366.

Londoño, J., Sierra, J., Álvarez, R., Restrepo, A. M., & Pássaro, C. (2015). Aprovechamiento de los subproductos citrícolas. ResearchGate.

López Medina E. J. (2014) Aminoácidos Y Proteínas (Universidad Nacional De San Agustín, Perú).

Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. Journal of biological chemistry, 193, 265-275.

Llancari, A., Matos, A. Valoración de los nutrientes y antioxidantes en la salud humana e industria alimentaria. En: Universidad Peruana Unión. I Congreso Nacional de Investigación. Perú, Lima, 2-4 noviembre, 2011.

Martínez, E., Navarro, A., Vera, O., Avila, R. Caracterización Físicoquímica de desechos de naranja (*Citrus Sinensis*) y lechuga (*Lactuca Sativa*). Revista de Energía Química y Física. 2017. 4-10:49-56. Se localiza en red:

https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Energia_Quimica_y_Fisica/vol4num10/Revista_de_Energ%C3%ADa_Qu%C3%ADmica_y_F%C3%ADsica_V4_10_6.pdf

Maya, C. J. 2017. "Cítricos mexicanos en el mercado japonés: experiencias y oportunidades para Sinaloa". México y la cuenca del pacífico. Vol. 6, no. 16, enero-abril, pp. 107-142. <https://doi.org/10.32870/mycp.v6i16.523>.

Méndez, L. (2020). "Manual de prácticas de análisis de alimentos". Consultado el 10 de enero de 2022. Se localiza en <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>

Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martínez, N., Fernández, D., Morales, G., & Valenzuela, R. Artículo: *Absorción de aceite en alimentos fritos*. Revista electrónica: Redalyc, Revista chilena de nutrición. Marzo 2016. En página web: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182016000100013.

Neacsu M, Vaughan N, Raikos V, Multari S, Duncan GJ, Duthie GG, Russell WR. Phytochemical profile of commercially available food plant powders: their potential role in healthier food reformulations. Food Chem. 2015 Jul 15;179:159-69. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.01.128. Epub 2015 Feb 4. PMID: 25722150.

Núñez, A. Terapia antioxidante, estrés oxidativo y productos antioxidantes: retos y oportunidades. Rev Cubana Salud Pública. 2011; 37 (suppl.): 644-60

Okpala, L., & Akpu, N. (2013). Effect of Orange Peel Flour on the Quality Characteristics of Bread. Ebonyi: Science Domain International.

O'Shea, N., Arendt, EK y Gallagher, E. (2012). Fibra dietética y características fitoquímicas de subproductos de frutas y hortalizas y sus aplicaciones recientes como ingredientes novedosos en productos alimenticios. Ciencia innovadora de los alimentos y tecnologías emergentes, 16, 1-10. Se localizan en red: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856412000884>

Ovando, M (2008). Pasta adicionada con harina de plátano, digestibilidad y capacidad antioxidante. Tesis de maestría no publicada. Instituto Politécnico Nacional, Morelos, México.

Peña, J.N. (2016). Las vitaminas y los antioxidantes naturales y su impacto en el consumo de alimentos perecibles en los estudiantes de 2do año de bachillerato general unificado de la Unidad Educativa Ficoa de Montalvo. Universidad de Guayaquil. Facultad de Comunicación Social. 1- 145.

Prakongpan T, Nitithamyong A, Luangpituska P (2002) Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. J. Food Sci. 67: 1308-1313.

Pincirolì, M. (2010). Proteínas de arroz. Propiedades estructurales y funcionales. Centro de Investigación y tecnología en Alimentos (CIDCA) Universidad de la Plata, Argentina. Revisado en 11 de septiembre de 2022. Se localiza en red:

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo_.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Quintanar, M., Calderón, J. La capacidad antioxidante total. Bases y Aplicaciones. Rev Educación Bioq. 2009; 28 (3):89-101. 7. Núñez, A. Terapi

Ramírez, O., Omaña, J.M., Rebollar, S., González, F.J., Matus, J. A. y A. Kido. 2008. "Situación económica de la producción de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) en los estados de Oaxaca y Guerrero, México". Revista Mexicana de Agronegocios, Vol. 22, enero-junio, pp. 570-580.

Ramírez, A., & Pacheco de Delahaye, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. Interciencia , 34 (4), 293-298. Revisado el 10 de septiembre de 2022. Se localiza en red: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911575012.pdf>

Rincón, Alicia M, Vásquez, A, Padilla, Marina, & C, Fanny. (2005). composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 55(3), 305-310. Recuperado en 23 de junio de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000300013&lng=es&tlng=es.

Ramírez-Gavidia, T. C., González-Colmenares, N. M., & Guerrero-Pernía, E. K. (2020). Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R. AiBi Revista De Investigación, Administración E Ingeniería, 8(2), 84–91. <https://doi.org/10.15649/2346030X.819>.

Rugiero Suárez A. V. (2014) Análisis comparativo de capacidad espumante de aloe vera y albúmina de huevo, (Benemérita Universidad Autónoma De Puebla).

Ruiz Torres, N. A., Rincón Sánchez, F., Hernández López, V. M., Figueroa Cárdenas, J. D., & Loarca Piña, M. G. (2008). Determinación de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante en granos de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana, 31(3), 29-34. Se localiza en red: <https://www.redalyc.org/pdf/610/61009706.pdf>

Sabiiti E. N., 2011. Utilising agricultural waste to enhance food security and conserve the environment. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development., 11(6).

Sáenz, Carmen, Estévez, Ana María, y Sambueza, Sergio, (2007). Utilización de residuos de la industria de jugos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos. Archivos Latinoamericanos de nutrición, 57(2), 186-191. Recuperado el 25 de julio de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222007000200013

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. México, entre los líderes en producción de cítricos a nivel mundial. En:

<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/sanluispotosi/boletines/Paginas/BOL1301112.aspx>.

Serna, S. (2005). Química, almacenamiento e industrialización de cereales (2da edición). México, D.F. AGT Ediciones.

Serna, L., Torres, C., Ayala, A. (2014). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. Información tecnológica, 26(2), 41-50. Revisada el 12 de noviembre de 2021. Se localiza en red: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642015000200006&script=sci_abstract

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2020) Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Abril 2020).

Sivakumar, D. (2016). Treating dairy industry effluent using orange peel powder. ResearchGate.

Spreen, T. (2010). Proyecciones de la producción y consumo mundial de los cítricos. Florida: Gainesville University.

Tacchini, M., Burtini, L., Bernardi, T., Risi, C., Massi, A., Guerrin, A., Sacchetti, G. (2019). Chemical characterization, antioxidant and antimicrobial screening for the revaluation of wine supply chain by-products oriented to circular economy, Plant Biosystems-An International Journal dealing with all Aspects of Plant Biology, 153:6, 809-816, DOI:10.1080/11263504.2018.1549614

Torres M., Jiménez M., Bárcenas M. Harina de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. Revista Temas selectos de Ingeniería en Alimentos de la UDLAP. Se localiza en: González <https://studylib.es/doc/6764750/harinas-de-frutas-y-o-leguminosas-y-su-combinaci%C3%B3n-con-ha...>

Velazco V., Bernal A., Ordoñez L., & Hleap, J. (2020). Caracterización del epicarpio de guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa natural para uso en productos alimenticios procesados. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2), 26-35. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(18\)26-36](https://doi.org/10.18684/bsaa(18)26-36)

Villarroel M, Acevedo C, Yañez E, Bioley E (2003) Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. Arch. Latinoam. Nutr. 53: 400-407.

Wong-Paz, Jorge Enrique, Aguilar-Zárate, Pedro, Veana, Fabiola, & Muñiz-Márquez, Diana Beatriz. (2020). Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 23, e20200255. Epub 05 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.255>

Zambrano M., Meléndez R. y Gallardo Y. 2001. Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. En: Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. pp 195-209. Editado por Lajolo, F., Saura-Calixto, F., Witting, E. y Wenzel, E. Varela Editora e Livraria LTDA. Brasil.

Zamora Vega R., Reséndiz Vega F. & Maya Cortez D. C. (2020) Uso tecnológico de las proteínas en los alimentos (Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo).

Zapata, Luz M., Gerard, Liliana, Davies, Cristina, & Schvab, María del C. (2007). Estudio de los componentes y actividad antioxidantes en tomates. Ciencia, docencia y tecnología, (35), 175-193. Recuperado en 07 de agosto de 2022, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17162007000200008&lng=es&tlng=pt.

ANEXOS

Anexo 1. Datos y resultados del porcentaje de humedad

Tipo	Peso de la Muestra (g)	Peso constante + Muestra 1 húmeda (g)	Peso constante + Muestra 2 seca (g)	% Humedad	Promedio (%)	Desviación Estándar
Harina (Tamiz de acero inoxidable malla 60)	0.5042	38.2216	38.6817	8.74	12.13	0.41
	0.5079	33.3943	33.8467	10.93		
	0.5088	30.6467	31.1006	10.79		

Anexo 2. Datos y resultados del porcentaje de cenizas

Muestra	Peso (g) Constante del crisol	Peso Muestra (g)	Peso Crisol + Muestra calcinada (g)	Ceniza (%)	Promedio (%)	Desviación Estándar
Harina (Tamiz de acero inoxidable malla 60)	28.6511	0.5140	28.6555	2.5292	2.8535	0.56
	23.0718	0.5200	23.0874	2.9545		
	27.1823	0.5005	27.1977	3.0769		

Anexo 3. Datos y resultados del porcentaje de Fibra cruda

Muestra (g)	Peso constante (g)	Peso muestra 1 (Horno)	Peso muestra 2 (Mufla)	Promedio	Desviación estándar
0.4416	30.2150	30.2774	30.1155	61.22	0.72
0.4544	28.6596	29.0263	28.6180		
0.4524	29.8067	29.9897	29.7311		

**Anexo 4. Datos y resultados del porcentaje de extracto etereo
(porcentaje de grasas)**

Muestra (g)	Peso constante (g)	Peso final	Promedio (%)	Desviación estándar
0.5110	85.4154	85.4288	2.5375	0.75
0.5972	71.6971	71.7108		
0.5155	70.8055	70.8173		