

**Aprovechamiento de epicarpio de frutas y hortalizas en la elaboración de productos de
panificación**

Daniel Farias Fernández

Katherine Cardona López

Asesora

Magda Piedad Valdés Restrepo. Ph.D.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías - ECBTI

Ingeniería de Alimentos

2025

**Aprovechamiento de epicarpio de frutas y hortalizas en la elaboración de productos de
panificación**

Monografía presentada como opción de grado para optar por el título de: Ingeniero de Alimentos

Daniel Farias Fernández

Katherine Cardona López

Asesora

Magda Piedad Valdés Restrepo. Ph.D.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías - ECBTI

Ingeniería de Alimentos

2025

Dedicatorias

El presente trabajo de grado se lo dedico, primeramente a Dios por ser la base de mi entendimiento y darme la fortaleza en los momentos que quería desfallecer.

A mi hijo Emanuel Toro Cardona por su amor incondicional, estar siempre presente en todo este proceso, mi motivación día a día a no rendirme y hacer posible mi sueño.

A mi madre y abuela por el acompañamiento y apoyo incondicional durante toda mi vida incluyendo este proceso.

A mi familia que de alguna manera influyeron para poder salir adelante con el desarrollo de este proceso.

A mi compañero de trabajo de grado Daniel Farias por su dedicación y compromiso, ser tolerante y excelente compañero.

A nuestra tutora Magda Piedad Valdés por su tiempo y estar siempre dispuesta a guiarnos de la mejor manera, brindarnos su conocimiento y por ser una gran profesional.

Katherine Cardona López

A mi amada esposa, por su amor incondicional, paciencia y apoyo constante en cada paso de este camino. Gracias por ser mi inspiración y mi refugio en los momentos difíciles.

A mi hijo, la luz de mi vida, cuya existencia me motiva a seguir adelante y a esforzarme por construir un futuro mejor. Que este logro sea un ejemplo para ti de que, con esfuerzo y dedicación, todo es posible.

A mis padres, por ser mis primeros maestros, por sus valores, consejos y sacrificios. Sin su guía y apoyo inquebrantable, este sueño no habría sido posible.

A ustedes, con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo.

Daniel Farias Fernández

Agradecimientos

A profesores, compañeros y amigos del programa de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Abierta y a Distancia UNAD porque fueron parte de mi crecimiento profesional, brindando su conocimiento y experiencias contribuyeron a mi desarrollo tanto personal como profesional.

A nuestra directora de trabajo de grado Magda Piedad Valdés por su gran acompañamiento, guiándonos, por la paciencia y profesionalismo con que hace las cosas.

A Mi madre y abuela eternamente agradecida por su apoyo incondicional en varios ámbitos de mi vida.

A mi hijo por su tolerancia, paciencia, por sacrificar algunos momentos de diversión y permitir mi crecimiento profesional y siempre estar presente en este proceso.

A mi familia y personas que de una u otra forma influyeron en el desarrollo de mi carrera profesional.

Katherine Cardona López

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente a través de una educación de calidad, flexible e inclusiva.

A mi tutora, Magda Piedad Valdés, por su guía, paciencia y compromiso durante el desarrollo de esta tesis. Sus conocimientos, consejos y apoyo fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

Extiendo mi gratitud al cuerpo docente de la UNAD, quienes, con su dedicación y enseñanza, han contribuido significativamente a mi formación, brindándome las herramientas necesarias para alcanzar este logro.

A todos ustedes, muchas gracias por ser parte de este importante capítulo de mi vida.

Daniel Farias Fernández

Resumen

Los residuos de frutas y hortalizas son ricos en nutrientes y compuestos extra nutricionales que contribuyen al desarrollo de la alimentación, por lo que es posible utilizar tecnologías innovadoras para la extracción y el enriquecimiento de compuestos bioactivos sensibles y aprovecharlos en nuevos productos. Bajo este contexto, el objetivo general del presente estudio fue indagar sobre el aprovechamiento del epicarpio de frutas y hortalizas como materia prima en la elaboración de productos de panificación, como bien se sabe, los productos de panificación elaborados convencionalmente aportan altos contenido de carbohidratos, grasas, calorías, que por ser un alimento de fácil acceso y económico, su consumo es excesivo y puede generar impactos negativos a la salud, por lo cual, la utilización de harina de epicarpio de frutas y hortalizas mostraron un aumento en las propiedades nutricionales, físicas y antioxidantes de productos de panadería como las galletas, tortas y pan, concluyendo que, la cáscara de frutas y hortalizas como el plátano (*Musa Cavendish*), papa (*Solanum tuberosum* L.), piña (*Ananas comosus* L.), naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*), limón (*Citrus Limon*), mango (*Mangifera indica*), chontaduro (*Bactris gasipaes* K), melocotón (*prunus pérsica*), berenjena dulce (*Solanum melongena* L.), zapallo (*Cucurbita moschata*), café (*Coffea* spp.), zanahoria (*Daucus Carota*); son los que más uso se les da y los que tienen mayor aporte de nutrientes, siendo la presentación en forma de harina la más empleada para la elaboración de productos de panadería.

Palabras clave: Beneficios, cáscara, harina, subproducto, tecnología alimentaria.

Abstract

Fruit and vegetable waste is rich in nutrients and extra-nutritional compounds that contribute to the development of food. Therefore, innovative technologies can be used to extract and enrich sensitive bioactive compounds and use them in new products. In this context, the general objective of this study was to investigate the use of the epicarp of fruits and vegetables as raw material in the production of bakery products, as is well known, conventionally made bakery products provide high content of carbohydrates, fats, calories, which being an easily accessible and economical food, its consumption is excessive and can generate negative impacts on health, therefore, the use of flour from the epicarp of fruits and vegetables showed an increase in the nutritional, physical and antioxidant properties of bakery products such as cookies, cakes and bread, concluding that the peel of fruits and vegetables such as banana (*Musa Cavendish*), potato (*Solanum tuberosum* L.), pineapple (*Ananas comosus* L.), orange (*Citrus sinensis*), mandarin (*Citrus reticulata*), lemon (*Citrus Limon*), mango (*Mangifera indica*), peach palm (*Bactris gasipaes* K), peach (*Prunus persica*), sweet eggplant (*Solanum melongena* L.), pumpkin (*Cucurbita moschata*), coffee (*Coffea* spp.), and carrot (*Daucus carota*) are the most widely used and provide the greatest nutrient content. Flour is the most commonly used form of bread.

Keywords: Benefits, husk, flour, by-product, food technology.

Tabla de Contenido

Introducción	12
Justificación	14
Objetivos	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos	16
Planteamiento del Problema	17
Metodología	20
Fuentes de Datos.....	20
Bases de Datos Consultadas	21
Tipos de Fuentes Consultadas	21
Marco Conceptual.....	23
Frutas	23
Hortalizas.....	23
Epicarpio.....	23
Productos de Panificación	23
Aprovechamiento.....	24
Análisis Nutricionales.....	24
Beneficios Nutricionales.....	24
Marco Teórico y Antecedentes	25
Epicarpio de Frutas y Hortalizas	25
Aprovechamiento del Epicarpio de Frutas y Hortalizas	26

Productos de Panificación más Utilizados en la Industria Panificadora a partir del Uso de Epicarpio de Frutas y Hortalizas.....	28
Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas en Galletas	44
Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas en Tortas	48
Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas en Pan.....	52
Análisis Nutricionales Realizados al Producto Elaborado con Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas	57
Beneficios de los Productos de Panificación Elaborados a partir de la Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas	61
Efectos Beneficiosos para la Salud a partir de Galletas Enriquecidas con Epicarpio de Frutas y Hortalizas.....	62
Efectos Beneficiosos para la Salud a partir de Tortas Enriquecidas con Epicarpio de Frutas y Hortalizas.....	65
Efectos Beneficiosos para la Salud a partir de Pan Enriquecidos con Epicarpio de Frutas y Hortalizas.....	67
Análisis de Resultados	69
Conclusiones.....	75
Referencias Bibliográficas	78

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Palabras Clave para la Búsqueda de Documentos</i>	22
Tabla 2 <i>Aplicaciones del Epicarpio de Papa (EP) en la Industria Panificadora</i>	33
Tabla 3 <i>Características Fisicoquímicas de las Galletas con Harina de Maíz y Enriquecida con Harina de Epicarpio de Plátano</i>	46
Tabla 4 <i>Valores Nutricionales de las Galletas Saladas con 10% de Incorporación de Orujo de Uva Comparado con la Muestra Control</i>	47
Tabla 5 <i>Análisis Químico y Nutricional en Tortas Fortificadas con Harina de Epicarpios de Mango y Plátano</i>	50
Tabla 6 <i>Análisis de Carotenoides a Tortas Elaboradas con Harina de Epicarpios de Chontaduro</i>	52
Tabla 7 <i>Composición Química de Panes sin Gluten Elaborados con Harinas de Epicarpio de Papa, Semilla de Calabaza y Harina de Quinoa</i>	53
Tabla 8 <i>Composición Química del Pan y Galletas Sustituídos con Epicarpio de Plátano</i>	59
Tabla 9 <i>Productos de Panificación Elaborados con Harina de Epicarpio de Frutas y Hortalizas</i>	69
Tabla 10 <i>Análisis Nutricionales en Productos Horneados con Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas</i>	72
Tabla 11 <i>Beneficios de los Productos de Panificación Elaborados a partir de la Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas</i>	74

Introducción

En los últimos años, los “alimentos saludables” o “alimentos con valor añadido” obtenidos de fuentes alternativas han estado a la vanguardia de la industria alimentaria (Durán et al., 2023). A nivel mundial, los productos de panadería, incluido el pan, galletas, pasteles y muffins formulados a partir de harina de trigo refinada (Amoah et al., 2023), siendo este el ingrediente principal ya que proporciona volumen y estructura, se consume en grandes cantidades a diario (Martins et al., 2017), desde el surgimiento de la agricultura y la domesticación de los cereales en el neolítico hasta la actualidad (Valdés, et al., 2023), son alimentos básicos y refrigerios nutricionalmente pobres, por tal motivo el enriquecimiento y la fortificación de alimentos básicos se están volviendo más populares (Amoah et al., 2023).

Los subproductos industriales alimentarios son fuentes ricas en ingredientes funcionales, como fibra, minerales y fitoquímicos, entre otros, estos subproductos se pueden obtener de diferentes partes de la planta como pueden ser: piel, tallo, hoja, semilla, cáscara, salvado, orujo, torta de aceite, etc. (Martins et al., 2017).

En la presente revisión se hace énfasis específicamente en el epicarpio de frutas y hortalizas; cada fruta y hortaliza contiene aproximadamente entre un 5% y un 50% de subproductos de la cáscara/piel, que son ricos en celulosa, hemicelulosa y lignina como constituyentes principales y también pueden contener otros grupos funcionales como son: lignina, incluidos aldehídos, cetonas, alcoholes, carboxilo, hidróxido y fenoles; además, dichos subproductos también contienen componentes antioxidantes, flavonoides, minerales y vitaminas (Djeghim et al., 2021).

Una estrategia interesante para incrementar la ingesta de estos compuestos es el desarrollo de alimentos funcionales basados en productos tradicionales de alto consumo, como

los productos horneados; estos productos elaborados convencionalmente pueden ser densos en energía, ricos en carbohidratos simples y grasas (incluidas las saturadas y *trans*), cuyo consumo regular puede provocar diversas enfermedades no transmisibles, como menciona Moniuszko, S. (2024) el alto contenido de azúcar, grasa y/o sal añadidos, etc., pueden desencadenar en enfermedades cardiacas, obesidad, diabetes tipo II, problemas de sueño y riesgo de depresión. Para mitigar estos efectos, se ha desarrollado una amplia variedad de productos horneados como galletas, chips de maíz, extruidos, palitos de pan, pasteles y muffins, entre otros, incorporando diferentes tipos de subproductos agroindustriales permitiendo mejoras en su contenido nutricional (Domínguez et al., 2022).

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de revisión es indagar sobre el aprovechamiento del epicarpio de frutas y hortalizas como materia prima en la elaboración de productos de panificación.

Justificación

La transformación tecnológica de las materias primas permite obtener nuevos productos alimenticios, como es el caso de la harina de trigo no convencional, que en Suramérica se obtiene a partir del trigo refinado, cuyo principal ingrediente forman parte de panes, pastas y pocas preparaciones utilizan cereales integrales; sin embargo, se cree que las mejores propiedades nutricionales y tecnológicas las tienen las fibras de vegetales y frutas, especialmente de frutas tropicales (Aguero et al., 2022). La industria alimentaria utiliza una amplia variedad de frutas, siendo una de las industrias agrícolas más grandes del mundo, las frutas son utilizadas para producir zumos, lo que genera una cantidad considerable de residuos (Kandemir, K., et al., 2022).

En América del Sur existe una gran variedad de hortalizas y frutas, cuya producción industrial se centra principalmente en la obtención de pulpa, el epicarpio y demás subproductos obtenidos del procesamiento son considerados residuos dentro de la industria, a pesar de su potencial aprovechamiento (Aguero et al., 2022). Estos subproductos son una fuente valiosa de nutrientes e ingredientes funcionales, lo que los convierte en una opción adecuada para la elaboración de productos sin gluten y como ingredientes de bajo costo; entre estos subproductos se incluyen orujos, cáscaras y fracciones de semillas (Djeghim et al., 2021).

Los subproductos ofrecen compuestos bioactivos beneficiosos como carotenoides, enzimas, polifenoles, aceites, vitaminas, fibras dietéticas, aminoácidos y proteínas para productos sin gluten; el orujo de frutos secos se puede utilizar en productos de panadería para sustituir harinas, azúcares o grasas, aumentando la cantidad de fibra y antioxidantes y reduciendo el consumo energético (Djeghim et al., 2021).

Conscientes de los problemas ambientales, alimentarios y económicos asociados a la pérdida o desaprovechamiento de residuos orgánicos, Escobar (2022), realizó un estudio con los

epicarpios de frutas y hortalizas, surgiendo la necesidad de valorizar y aprovechar este subproducto a través de un proceso de secado para transformarlo en harina y luego incorporarlo a la formulación de un producto de panificación con propiedades basadas en los porcentajes nutricionales procedente del epicarpio.

Este estudio no solo busca identificar usos alternativos y eficientes para estos subproductos agrícolas, sino también mejorar la dieta de los consumidores de productos horneados al incrementar su contenido de fibra y satisfacer sus necesidades nutricionales. Asimismo, el aprovechamiento de estos subproductos y su reintegración a la cadena alimentaria, mediante un proceso tecnológico y económico adecuado, contribuye a reducir la pérdida de materias primas y minimizar el impacto económico. Esto representa un beneficio tanto para la industria alimentaria como para el mercado local, favoreciendo a productores, empresas y consumidores de frutas y hortalizas.

Objetivos

Objetivo General

Indagar sobre el aprovechamiento del epicarpio de frutas y hortalizas como materia prima en la elaboración de productos de panificación.

Objetivos Específicos

Identificar los productos de panificación más utilizados en la industria panificadora a partir del uso de epicarpio de frutas y hortalizas.

Determinar los análisis nutricionales realizados al producto elaborado con incorporación de epicarpio de frutas y hortalizas.

Especificar cuáles son los beneficios de los productos de panificación elaborados a partir de la incorporación de epicarpio de frutas y hortalizas.

Planteamiento del Problema

El uso de los recursos naturales trae consigo residuos que podrían ser aprovechados en la industria alimentaria, un ejemplo de ello son los epicarpios de frutas y hortalizas, que, aunque se consuman en las mejores condiciones, también terminan como residuos orgánicos (Mosso, 2022). A nivel mundial, la pulpa y el zumo de las frutas, así como la parte carnosa de las hortalizas, son los componentes más consumidos, mientras que el resto queda sin ningún uso posterior, ignorando el potencial de estos residuos como una fuente alternativa sostenible, ya que pueden ser utilizados en la elaboración de nuevos productos beneficiosos para el consumo humano; la falta de aprovechamiento de estos residuos no solo desperdicia recursos valiosos, sino que también contribuye significativamente a la contaminación ambiental (Mosso, 2022). Esto puede incluir emisiones innecesarias de gases de efecto invernadero, que aceleran el calentamiento global, así como un uso ineficiente de los recursos terrestres e hídricos, lo que a su vez impacta negativamente en los ecosistemas y sus servicios (Zhu, Y., et al., 2023).

Las redes sociales, la tecnología y la globalización han influido enormemente en el estilo de vida de las personas; en los últimos años, ha surgido una creciente conciencia social sobre el cuidado del medio ambiente y la salud (Zapata, 2021). Como resultado, diversas industrias, incluido el mercado de la panadería y la pastelería, han tenido que adaptarse y desarrollar nuevos conceptos para atraer a los consumidores; este cambio ha impulsado la creación de productos con formatos innovadores, nuevos ingredientes y técnicas de elaboración, dando lugar a tendencias emergentes en la panificación (Zapata, 2021).

Los productos de panificación elaborados convencionalmente empleando materias primas como harina de trigo, levadura, azúcar, sal, grasas y agua, a los cuales se les pueden agregar otros ingredientes según el producto a elaborar; ofrecen un gran aporte nutritivo de calorías,

grasas, proteínas, carbohidratos, en mayor cantidad azúcares y en menor cantidad fibra, vitaminas y minerales, sin embargo, por ser alimentos económicos hay mayor acceso a estos productos (Zapata, 2021).

Por lo anterior, Prada et al. (2022) señalan que el consumo excesivo de azúcar no solo incrementa la ingesta calórica, sino que también reduce la calidad de la dieta, lo que puede tener efectos adversos para la salud, como caries dental, obesidad, diabetes tipo II, enfermedades cardiovasculares e incluso algunos tipos de cáncer. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2024), una mala nutrición puede traer reducción de la inmunidad y la productividad de las personas lo que conlleva a incrementar la vulnerabilidad a las enfermedades y trastornar el desarrollo físico y mental.

Las personas buscan cambios en su dieta, eligiendo alimentos que tengan un efecto positivo en el organismo, lo cual es un factor importante en la investigación de nuevos productos con mayor valor nutricional; agregar fibra o fuentes de fibra a productos de panificación puede mostrar cambios en las propiedades de la masa, la composición del producto, los parámetros de textura, el análisis sensorial, el índice glucémico, entre otros aspectos, la fibra no puede ser percibida como una influencia positiva o negativa en el procesamiento del producto, puesto que la masa y el producto a procesar se ven afectados no solo por el tipo de fibra o el origen de la fibra, sino también por la cantidad utilizada, el tamaño de la fibra, el origen del producto, la composición y el proceso de producción (Mayorga, 2022).

En Colombia, tanto la población como la industria alimentaria desaprovechan los residuos de frutas y hortalizas, debido al desconocimiento de su valor nutricional, estos subproductos contienen fibra, vitaminas A y C, fósforo, zinc y otros nutrientes beneficiosos para la salud humana; además, el epicarpio de frutas y hortalizas es una fuente rica en enzimas, cuyo

potencial puede resultar altamente valioso para el mercado industrial (Landi, 2022). Estos subproductos pueden ser una fuente valiosa de macronutrientes, como proteínas, fibra, carbohidratos y grasas; micronutrientes, como minerales y vitaminas; y fitoquímicos, entre ellos polifenoles, flavonoides y carotenoides, estos últimos compuestos son reconocidos como importantes agentes antimicrobianos y antioxidantes (Panza, O., et al., 2023).

Ante la problemática descrita, surge el siguiente interrogante:

¿Cómo aprovechar el epicarpio de frutas y hortalizas para la incorporación en la elaboración de productos de panificación?

Metodología

Se llevó a cabo un análisis de contenido de documentos en español e inglés con el propósito de reconocer patrones, temáticas y categorías clave sobre la utilización del epicarpio de frutas y hortalizas en la panificación. Además, se realizó una síntesis de la información obtenida a partir de fuentes académicas y técnicas para estructurar y presentar los resultados de manera ordenada y comprensible.

Así mismo, se identificaron tendencias, coincidencias y divergencias entre los distintos documentos analizados, con el objetivo de ofrecer una perspectiva completa sobre la incorporación del epicarpio en la elaboración de productos de panificación.

Fuentes de Datos

Las fuentes de información empleadas para el análisis consistieron principalmente en artículos científicos, informes técnicos, tesis, libros y otros documentos relevantes sobre la incorporación de subproductos vegetales en la panificación.

Los criterios utilizados para seleccionar los documentos se basaron en los siguientes aspectos:

Relevancia temática: Se eligieron documentos que tratan sobre el uso del epicarpio en la producción de productos de panadería, incluyendo sus impactos en la calidad sensorial, nutricional y tecnológica.

Credibilidad y fiabilidad: Se priorizaron documentos publicados en revistas científicas revisadas por pares, tesis universitarias, libros de referencia y reportes de instituciones especializadas en tecnología de alimentos.

Actualidad: Se seleccionaron investigaciones recientes, abarcando los últimos cinco a diez años, con el fin de reflejar los avances tecnológicos y las tendencias actuales en el aprovechamiento de subproductos agroindustriales.

Diversidad de perspectivas: Se incluyeron estudios científicos, informes técnicos y casos de aplicación en la industria para obtener una visión integral del tema.

Bases de Datos Consultadas

Google Académico: Motor de búsqueda de literatura académica, incluyendo artículos y tesis.

ScienceDirect (Elsevier): Base de datos con acceso a publicaciones científicas en diversas áreas, incluyendo ciencia de alimentos.

Redalyc y Dialnet: Plataformas que proporcionan acceso a investigaciones en español.

Repositorios de universidades: Acceso a tesis y trabajos de investigación de estudiantes y académicos.

Revistas científicas: Publicaciones especializadas en tecnología de alimentos, panificación y aprovechamiento de subproductos agroindustriales.

Tipos de Fuentes Consultadas

Libros: Obras especializadas en ciencia y tecnología de alimentos.

Artículos de investigación: Estudios científicos sobre la incorporación de epicarpio en panificación.

Tesis universitarias: Investigaciones académicas sobre la revalorización de residuos agroindustriales.

Informes técnicos: Documentos de organismos gubernamentales y centros de investigación sobre el aprovechamiento de subproductos alimentarios.

Palabras Clave para la Búsqueda

Tabla 1

Palabras Clave para la Búsqueda de Documentos

Palabras clave	Explicación
Epicarpio de frutas y hortalizas	Evaluar su uso como ingrediente en productos de panificación.
Productos de panificación	Identificar los productos más utilizados en la industria panificadora que pueden incorporar epicarpio en su formulación.
Subproductos agroindustriales	Analizar su potencial como fuente de fibra y antioxidantes en la panificación.
Calidad sensorial	Evaluar la aceptación del consumidor respecto al uso del epicarpio en panadería.
Propiedades nutricionales	Determinar los beneficios del epicarpio en la composición nutricional de los productos horneados.
Tecnología de alimentos	Explorar métodos de procesamiento y formulación para la incorporación del epicarpio en panificación.
Sostenibilidad en la industria alimentaria	Analizar el impacto ambiental y económico del uso de subproductos en la panificación.

Nota. Descripción de palabras claves que se usaron para la búsqueda de documentos.

Marco Conceptual

Frutas

Desde el punto de vista del consumo, las frutas son productos hortícolas de sabor aromático que son naturalmente dulces o normalmente endulzados antes de comerlos; han adquirido importancia comercial y su cultivo a escala comercial se ha convertido en un sector importante de la industria agrícola, adicionalmente, la mayoría de las frutas contiene más de un 80% de agua y, por tanto, son muy perecederas (Jayaraman & Gupta, 2020).

Hortalizas

Se hace referencia a las hortalizas como las porciones comestibles de las plantas, (Sinha, N. K., et al., 2011). Los frutos de árboles perennes no se consideran hortalizas, también se excluyen las semillas maduras (guisantes, judías, cereales, etc.). Desde el punto de vista botánico, las hortalizas se pueden dividir en algas (algas), setas, tubérculos (zanahorias), tubérculos (patatas, ñames), bulbos o tallo (colinabo, perejil), hojas (espinacas), inflorescencias (brócoli), hortalizas de frutas (tomate) (Belitz, H., et al., 2008).

Epicarpio

Epicarpio es la palabra botánica que designa la capa más externa del pericarpio (o fruto), si la fruta tiene una, el epicarpio forma la fuerte piel exterior; el epicarpio se conoce a veces como exocarpo o, en el caso de los cítricos, flavedo (Aguero et al., 2022).

Productos de Panificación

Los productos de panadería, que incluyen pan, bollos, galletas, tartas, pasteles y magdalenas, suelen prepararse con harina o sémola derivada de algún tipo de grano; el pan, que ya era un alimento básico en la prehistoria, aporta muchos nutrientes a la dieta humana (García et al., 2019).

Aprovechamiento

“Se denomina aprovechamiento al acto y resultado de aprovecharse o aprovechar, este verbo (aprovechar) hace referencia al uso útil de algo, obteniendo todo lo posible de su rendimiento; el aprovechamiento se vincula a sacar provecho, es decir, a lograr que algo sea provechoso, beneficioso o fructuoso” (Salahuddin et al., 2021).

Análisis Nutricionales

Se refiere al proceso de determinación de su valor nutricional, la información más importante de un análisis nutricional son las calorías de los alimentos; al igual que incluye otros cuatro nutrientes principales: carbohidratos, grasas, proteínas y sal, entre estos nutrientes se descomponen el azúcar, hidratos de carbono, y las grasas saturadas (Djeghim et al., 2021).

Beneficios Nutricionales

Contribuye a mejorar la situación nutricional de los individuos, son alimentos ricos en hidratos de carbono, con un contenido apreciable de proteínas y un bajo aporte de grasa, además, son una buena fuente o fuentes excelentes de algunas vitaminas y minerales (Santos et al., 2022).

Marco Teórico y Antecedentes

Epicarpio de Frutas y Hortalizas

Antes de considerar las aplicaciones potenciales de los subproductos agroindustriales de frutas, primero se deben describir; en esta sección se mencionarán brevemente sus orígenes y se destacarán algunos compuestos que los hacen deseables para ser reincorporados a la cadena alimentaria; los subproductos agroindustriales (de frutas u otras fuentes vegetales) se componen principalmente de semillas, epicarpio tallos, hojas y pulpa inutilizable, y se generan en todas las etapas de la cadena de suministro de alimentos, es decir, durante la producción, el procesamiento y la distribución agrícolas (Jiménez et al., 2019).

Los subproductos pueden ser una fuente significativa de contaminación ambiental, ya que tienen una alta biodegradabilidad asociada con su alto contenido de humedad que favorece altas cargas microbianas, adicionalmente, la degradación biológica anaeróbica de la materia orgánica es la tercera mayor fuente antropogénica de emisiones atmosféricas de metano, alcanzando aproximadamente 32 millones de toneladas en 2010 en todo el mundo, lo que representa 800 millones de toneladas de CO₂, la mayoría de los subproductos agroindustriales están infrutilizados y contribuyen a estos problemas, por lo que existe un interés generalizado en su valorización para mitigarlos en la medida de lo posible (Beegle & Borole, 2018).

Los subproductos agroindustriales tienen una matriz rica y compleja, donde varias moléculas presentes pueden interactuar con las macromoléculas del consumidor y/o entre sí, dando como resultado actividades biológicas específicas cuando se consumen (Segneanu et al., 2017). El término “compuestos bioactivos” se refiere a un conjunto diverso de moléculas capaces de ejercer un efecto deseable en una célula, órgano, tejido, sistema u organismo; estos compuestos pueden utilizarse para producir alimentos funcionales, nutraceuticos y aditivos

alimentarios y se pueden obtener de estas fuentes, también se pueden encontrar en alimentos no procesados, como frutas y hortalizas, que son la forma más simple de alimentos funcionales (Kumar et al., 2017).

La fibra dietética, las proteínas, los lípidos, los compuestos fenólicos, los carotenoides, los esteroides, los tocoferoles y los terpenos son algunas de las moléculas más importantes que se pueden extraer de los subproductos agroindustriales, estas moléculas han mostrado bioactividades significativas en varios modelos, como antioxidantes, moduladores del proceso digestivo, entre otros; su incorporación a un producto alimenticio puede agregarle valor al inducir bioactividad, como una mayor capacidad antioxidante, o mejorar la calidad del producto, como extender su vida útil, además, la reutilización de estos subproductos contribuye a la sostenibilidad y la economía circular, al reducir residuos y aprovechar recursos que de otro modo serían desperdiciados (Kumar et al., 2017).

Aprovechamiento del Epicarpio de Frutas y Hortalizas

Según Salahuddin et al. (2021), la huella del desperdicio de alimentos y el cambio climático ocasiona que alrededor del 15 % de todas las frutas y el 25 % de todas las hortalizas se desperdician en las etapas iniciales de la cadena de producción de alimentos; las importantes pérdidas y desperdicios en las industrias frescas y de procesamiento se están convirtiendo en un grave problema ambiental, principalmente debido a los impactos de la degradación microbiana.

Recientes avances en investigación e innovación con los alimentos, el envasado y las aplicaciones farmacéuticas para abordar problemas ambientales relacionados con el desperdicio de alimentos y la gestión de residuos; los subproductos infrautilizados (semilla, piel, corteza y orujo) se están reevaluando como fuentes potenciales de compuestos bioactivos valiosos, incluyendo nutrientes funcionales, amilopectina, fitoquímicos, vitaminas, enzimas, fibras

dietéticas y aceites (Salahuddin et al., 2021)

A nivel internacional, un estudio de revisión realizado en Europa por Santos et al. (2022) sobre harinas de subproductos hortofrutícolas como ingredientes, evidenció que las frutas y hortalizas son responsables de aproximadamente el 22% de las pérdidas y desperdicios de alimentos a lo largo de la cadena de suministro, sin embargo, los subproductos de frutas y hortalizas pueden transformarse en harinas ricas en fibra y compuestos bioactivos, demostrando características fisicoquímicas y atributos de salud de los productos finales.

Los residuos de frutas y hortalizas son ricos en nutrientes y compuestos extra nutricionales que contribuyen al desarrollo de la alimentación animal, ingredientes bioactivos y producción de etanol; en el desarrollo de películas de embalaje activas, comúnmente se utilizan pectina y otros biopolímeros, además, los estudios de investigaciones más recientes relacionados con frutas y hortalizas han mejorado las propiedades físicas, mecánicas, antioxidantes y antimicrobianas de los sistemas de envasado y bio-compuestos; las tecnologías innovadoras que se pueden utilizar para la extracción y el enriquecimiento de compuestos bioactivos sensibles serán cruciales para valorizar frutas y hortalizas por completo (Salahuddin et al., 2021).

Dependiendo de su origen y composición, estos residuos pueden ser procesados para la producción de insumos destinados al consumo humano y animal, para la producción de energías renovables, biocombustibles y algunos productos químicos, así como productos para la agricultura para el cuidado del suelo o fertilizantes; en estos nuevos procesos se ha comprobado que es necesario reducir la extracción de recursos naturales y disponer de residuos industriales, así mismo, el aprovechamiento de estos residuos o subproductos ayuda no solo a reducir el uso de recursos, sino que contribuye a una menor contaminación y degradación de los ecosistemas al

evitar una disposición final inadecuada como la incineración, el uso en rellenos sanitarios o la descarga a fuentes de agua (Gonzalez et al., 2017).

Productos de Panificación más Utilizados en la Industria Panificadora a partir del Uso de Epicarpio de Frutas y Hortalizas

Los productos horneados son alimentos muy conocidos y consumidos en todo el mundo, su ingrediente principal en el procesamiento es la harina de trigo, sin embargo, puede ser reemplazada parcialmente con harinas de epicarpio de frutas y hortalizas para producir productos enriquecidos como galletas, pasteles y pan (Hosseini & Pazhouhandeh, 2023), entendiéndose que estos productos son los más utilizados en la industria panificadora para incorporar harina de epicarpio de frutas y hortalizas como materia prima. De acuerdo con Martins et al., (2017) estas harinas aportan nutrientes como fibra, minerales y fitoquímicos.

En la industria panificadora, el uso de epicarpio de frutas y hortalizas se ha incrementado como una estrategia para mejorar el valor nutricional y funcional de diversos productos. Estudios han demostrado que la adición de harinas obtenidas de epicarpios puede mejorar la textura, el color y la estabilidad, además de aumentar su contenido de fibra y bioactivos sin afectar significativamente sus propiedades sensoriales (Aguero et al., 2022; Ordoñez et al., 2020). Algunos de los epicarpios de frutas y hortalizas más consumidos que pueden ser aprovechados en la industria panificadora son el plátano, la papa (*Solanum tuberosum* L.), piña (*Ananas comosus* L.), los cítricos (naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*), limón (*Citrus Limon*)), mango (*Mangifera indica*), chontaduro (*Bactris gasipaes* K), melocotón (*Prunus persica*), berenjena dulce (*Solanum melongena* L.), zapallo (*Cucurbita moschata*), café (*Coffea* spp.), zanahoria (*Daucus Carota*), entre otros (Herrera & Marín, 2018; García et al., 2019; Gutiérrez, 2021).

Se han publicado varias revisiones sobre la composición y las propiedades físicas de los subproductos de frutas y hortalizas desde el punto de vista nutricional (M. Gómez & Martínez, 2018), y además estudios que muestra las aplicaciones de dichos subproductos en la industria panificadora.

Dentro de este marco, la incorporación epicarpio en las harinas para productos de panificación tiene implicaciones tecnológicas importantes, además de su valor nutricional. Por ejemplo, la sustitución parcial de harina de trigo con harinas que contienen epicarpio puede cambiar parámetros reológicos como la absorción de agua y la elasticidad de la masa, lo cual repercute en el desarrollo del gluten y en la calidad final del horneado (Hosseini & Pazhouhandeh, 2023). Lo mencionado implica un ajuste necesario de las condiciones de mezclado y fermentación durante la producción industrial.

De manera similar, Martins et al. (2017) mencionan que, dependiendo del tipo de epicarpio utilizado, la harina puede contener diversas proporciones de componentes estructurales como celulosa, lignina y hemicelulosa, lo que produce un impacto sobre la capacidad de retención de agua y la formación de la miga del pan o pastel, un elemento clave para mantener la frescura y la textura deseada en productos horneados.

Por su parte, Aguero et al. (2022) determinaron que las harinas con epicarpio también tienen propiedades emulsionantes y estabilizantes naturales, que en muchas ocasiones actúan como sustitutos parciales de aditivos industriales, permitiendo así el desarrollo de productos más limpios desde el punto de vista del etiquetado, lo cual es una tendencia creciente en la industria de alimentos funcionales.

Además, Ordoñez et al. (2020) recalcaron que el color, uno de los atributos sensoriales más influyentes en la aceptación del consumidor, puede ser modificado positivamente con la

incorporación de epicarpios ricos en pigmentos naturales, como los de mandarina o chontaduro. Además, estos componentes no solo tienen función estética, sino que también aportan compuestos bioactivos con potencial antioxidante, lo que transforma a los productos horneados en alimentos adecuados para la promoción de la salud humana.

El plátano (*Musa Cavendish*) del grupo Cavendish –un plátano suave y dulce comúnmente utilizado en postres, el consumo de esta fruta genera residuos a través de su epicarpio que constituye aproximadamente el 30% del peso del fruto; el epicarpio es rico en fibra, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados, potasio y compuestos fenólicos; dado su contenido de nutrientes el epicarpio de plátano se ha utilizado para producir alimento para el ganado, sin embargo, investigaciones recientes han reportado el uso de harina de epicarpio de plátano verde o mezclas de pasta de pulpa de plátano verde en productos horneados como las galletas y pan (Segura, B. O; Kammar, G. A. et al., 2022).

El objetivo de la investigación de Ahmad, T., et al., (2022), fue comparar las propiedades químicas, físicas y sensoriales de los tradicionales pan plano Balad y egipcio elaborado con harina de trigo y una masa que contenía 5% o 10% de epicarpio de plátano (*Musa Cavendish*) como sustituto de la harina de trigo; respecto a las características sensoriales, se consideró aceptable, los hallazgos indicaron que un pan que es aceptable en términos de nutrición puede ser formulado sustituyendo no más del 10% de la harina; la capacidad de retención de agua, contenido de proteínas, contenido de fibra, capacidad de retención de aceite, zinc, Ca, Na y potasio estaban altos en el pan enriquecido con epicarpio de plátano en comparación con el pan control.

En otro estudio, Segura, B. O.; Kammar, G. A. et al., (2022) determinaron si el epicarpio de plátano (*Musa Cavendish*) después de una desinfección quedaba microbiológicamente seguro,

lo que podía proporcionar nutrientes para formular galletas y pan con características sensoriales aceptables; para las galletas, se sustituyó la harina de trigo por harina de epicarpio de plátano (HEP) al 10%, al contener ingredientes como leche, huevo, aceite y azúcar, se pudo percibir menos el sabor de la HEP y aumentar el aporte de nutrientes, por lo que también se consideró una sustitución del 20%, se han realizado sustituciones de hasta el 40% con formulaciones de HEP, reportándose mejoras en el contenido de fibra y grasa, aunque reducen la calidad sensorial; un mayor contenido de HEP aumentó la sequedad de la masa, lo que endureció el manejo de la masa dura, la masa también se volvió quebradiza con un color oscuro visiblemente intenso, a pesar de esto, un color más oscuro probablemente no represente una limitación en la aceptación de las galletas ya que las personas las asocian con productos integrales más saludables; también se prepararon dos tipos de panes: un control sin HEP y un pan sustituido con un 10% de HEP, el contenido de proteína y grasa no fue significativamente diferente entre ambos panes, mientras que el contenido de humedad también fue similar (36,8% en el pan control y 34,5% en el pan sustituido con HEP), el contenido de fibra aumentó significativamente, coincidiendo con otros estudios en los que se utilizaron sustituciones del 5 al 10% con HEP y se recomendaron como sustitución máxima, la adición de un 10% de fibra mejora el crecimiento de la levadura durante la fermentación de la masa, lo que puede mejorar la altura del pan, sin embargo, cuando se agrega HEP la masa se seca, requiere más trabajo para su desarrollo y adquiere un color marrón oscuro, a pesar de esto, la aceptación sensorial no se vio afectada; los panelistas asignaron una evaluación de calidad donde el pan con HEP y pan control se ubicaron dentro de la categoría "Buena".

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un producto básico de importancia económica que se produce y consume más ampliamente a nivel mundial (Ijaz, N., et al., 2024). En las industrias de

procesamiento de alimentos, se libera una gran cantidad de epicarpio de papa como subproducto durante el procesamiento de las papas, que oscila entre el 15 y el 40% de la masa del producto inicial; se encuentran diversas aplicaciones del epicarpio de papa, como valor agregado, extracción de productos que incluyen fibra dietética, biopolímeros, antioxidantes naturales y aditivos alimentarios naturales, por lo que se contempla su inclusión en un producto alimenticio innovador o como fuente de antioxidantes naturales para estabilizar los lípidos alimentarios, lo que podría garantizar la utilización adecuada de este subproducto (Akter, M., et al., 2023).

De acuerdo a Akhobakoh et al., (2022), la deshidratación de papa frescas mediante la fabricación de harina de papa es una solución eficaz para superar la inseguridad alimentaria, dado que, la papa tiene una proteína de alto valor biológico, una relación calórica favorable, y es una fuente importante de vitaminas y minerales; además, la harina de papa presenta una gran versatilidad y funciona como potenciador del sabor y el color, así, muchos estudios han utilizado la harina de papa para sustituir a la harina de trigo y sostienen que, la harina puede almacenarse de forma segura e incorporarse a diversos productos de panadería, en particular galletas, pan y pasteles.

El estudio de Ijaz, N., et al., (2024), muestra que el epicarpio de papa tiene varias aplicaciones en la industria panificadora, como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2*Aplicaciones del Epicarpio de Papa (EP) en la Industria Panificadora*

Aplicaciones	Tipo de producto	Análisis	Resultado
Pastel	Polvo de EP	Análisis de textura y sensorial.	En las tartas se incorporó EP en polvo con un elevado nivel de proteínas y fibra dietética. Como resultado, se mejoró el valor nutricional debido al alto contenido de fibra dietética y también se mejoró la textura al disminuir la dureza de la torta hasta un 30,24%.
Pan plano	Polvo de EP	Contenido de acrilamida	Durante la elaboración del pan plano de quinua, se incorporó a la harina polvo de EP (5%). Como resultado, se observó una disminución significativa de 487 a 367 µg/kg en el contenido de acrilamida (compuesto tóxico) del pan plano horneado.

Aplicaciones	Tipo de producto	Análisis	Resultado
Pan	Fibra de epicarpio de papa (FEP)	Textura sobre vida útil	Se añadió PEF (0,4 g de fibra/100 g de harina) al pan, lo que disminuyó la dureza del pan durante un período de almacenamiento de 7 días en comparación con la formulación de control.

Nota. Esta tabla muestra el uso del epicarpio de papa en productos horneado. Elaborado por Ijaz et al. (2024)

La piña (*Ananas comosus* L.) se cultiva ampliamente en numerosos países tropicales y subtropicales; el procesamiento de la piña genera varios subproductos, incluida el epicarpio, corazón, tallo, corona y hojas que representan el 60 % (p/p) del peso total de la piña, se estima que el epicarpio de piña por sí sola representa alrededor del 29 % al 40 % del peso total de la fruta, el epicarpio de piña fresca en una etapa de maduración de 3/4 contiene aproximadamente un 1,41 % de fibra dietética soluble y una cantidad significativa de fibra dietética insoluble, principalmente celulosa y hemicelulosa; la cantidad total de aminoácidos libres en la fracción líquida de epicarpio de piña fue de aproximadamente 46,7 mg/100 g de base seca; en la última década, varios estudios han utilizado con éxito los residuos de epicarpio de piña como ingrediente fresco y seco, agregando valor económico a la producción de alimentos, con aplicaciones en vino, vinagre, pectina, barra de cereal, yogur, muffin, galleta y pastel (Mala, et al., 2024).

El estudio que realizo Naseeha NF, Pushparaja, Vasantharuba S. (2023), tuvo como

objetivo desarrollar galletas con harina de epicarpio de piña incorporada y evaluar la composición aproximada, propiedades fisicoquímicas, atributos sensoriales y antioxidante, en este estudio se encontró un efecto considerable sobre los beneficios de la piña en la nutrición y la salud, revelando que el 7% y 10% de harina de epicarpio de piña incorporada en las galletas fueron las preferidas entre las otras muestras según el análisis sensorial; basado en el análisis nutricional, el 10% incorporado en la galleta fue seleccionada como la mejor formulación; además, este hallazgo indicó que las galletas contenían una cantidad suficiente de ceniza, fibra bruta, azúcar, potasio y ácido ascórbico, según el análisis nutricional estos nutrientes aumentan significativamente con una cantidad cada vez mayor de harina de epicarpio de piña; además, los resultados del análisis de antioxidantes indicaron una diferencia significativa entre las galletas de control y compuestas, ya que la harina de epicarpio de piña contiene una cantidad significativa de propiedades antioxidantes, por lo que la vida útil de las galletas compuestas proporcionó mejores atributos sensoriales sin microbios, ni deterioro durante un período de dos meses.

Los subproductos que se obtienen a partir del proceso de los cítricos pueden alcanzar hasta el 50% del peso original de la fruta, donde el epicarpio es el subproducto principal y es una fuente valiosa de aceite esencial, carotenoides y compuestos fenólicos, convirtiéndolos en recursos con un alto valor para la agroindustria que por su fuente importante de aditivos son atractivos para la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica; en diversas investigaciones se ha demostrado que la harina de epicarpio de frutas puede ser utilizada en productos horneados; así como la caracterización de la harina de epicarpio de naranja (*Citrus sinensis*) y maracuyá y su uso en la elaboración de pan y torta dulce; también se evaluó el potencial agroindustrial de la harina de epicarpio de mandarina Oneco (*Citrus reticulata*) como posible colorante natural en el pan (Ordoñez, S. L., Estrada, E. J., Vanegas, M. P., 2020).

Zaker et al. (2017) investigaron la incorporación de polvo de epicarpio de naranja (*Citrus sinensis*) en galletas, utilizando proporciones de 0%, 5%, 10%, 15% y 20%, donde se evaluaron las características físicas (diámetro, espesor y relación de expansión), químicas (humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra) y sensoriales (apariencia, color, sabor, gusto y textura); los resultados mostraron que las galletas con un 10% de polvo de epicarpio de naranja obtuvieron la mayor aceptabilidad sensorial, se descubrió que al aumentar el porcentaje de este polvo se disminuyó el contenido de proteínas y grasas mientras que la fibra dietética aumentó; se concluyó que es viable sustituir hasta un 10% de la harina de trigo refinada por polvo de epicarpio de naranja sin afectar negativamente la calidad del producto final.

Magalhães et. al., (2023) indicaron que se ha demostrado que el epicarpio de limón (*Citrus Limon*) (EL) contiene niveles más altos de compuestos fenólicos y fibras dietéticas que la pulpa; se desarrollaron galletas funcionales enriquecidas con masa que contenía epicarpio de limón y antioxidantes naturales extraídos del orujo de limón, estas galletas mostraron mayor contenido fenólico y actividad antioxidante que la galleta control (sin fracciones de limón) y un período de inducción más largo: lo que significa una mayor resistencia a la oxidación lipídica, debido al efecto antioxidante ejercido por el epicarpio de limón, además, desde el punto de vista sensorial, mostraron una adecuada aceptabilidad, en términos de apariencia, sabor y aroma.

En la misma línea, Chang et al. (2015) investigaron las propiedades físico-químicas y sensoriales del pan enriquecido con epicarpio de limón (*Citrus Limon*); los resultados indicaron que, al aumentar la proporción de epicarpio de limón (0-9%), la dureza del pan se incrementó, mientras que la cohesión, elasticidad y volumen específico disminuyeron. Sin embargo, los panes enriquecidos con epicarpio de limón mostraron un mayor contenido de compuestos fenólicos totales; se concluyó que la adición de un 3% de epicarpio de limón puede producir un

pan saludable y aceptable, con mayor contenido de fitoquímicos y capacidades antioxidantes.

El estudio de Ojha & Thapa (2017) se centró en optimizar la incorporación de polvo de epicarpio de mandarina (*Citrus reticulata*), rico en fibra, cenizas, ácido ascórbico, carotenoides y polifenoles, en galletas para enriquecerlas con estos compuestos bioactivos que promueven la salud; las galletas preparadas con un 6% de polvo de epicarpio de mandarina fueron comparables a las de control hechas solo con harina de trigo basado en una evaluación sensorial con un mayor componente bioactivo y propiedad antioxidante, el resultado muestra que existe una amplia oportunidad para el uso de epicarpio de mandarina en varios productos alimenticios.

Según Ajila et al. (2008), el mango (*Mangifera indica*) es una de las principales frutas tropicales y la producción mundial es de 25 millones de toneladas anuales; el procesamiento de esta fruta permite obtener diversos productos como puré, néctar, cuero, encurtidos, rodajas enlatadas, etc., pero también genera una gran cantidad de epicarpio, que al desecharlo puede contribuir a la contaminación ambiental; el epicarpio constituye entre el 15 y el 20 % de la fruta del mango que contiene una serie de compuestos valiosos como polifenoles, carotenoides, enzimas y fibras dietéticas.

Por lo anterior, la investigación de Ajila et al. (2008) se basó en evaluar el efecto del epicarpio del mango (*Mangifera indica*) sobre las características físicas, bioquímicas y sensoriales de las galletas de masa blanda, donde los resultados indicaron que al incorporar 10% de epicarpio de mango a la harina de trigo se produjo galletas sensorialmente aceptables, con un sabor a mango distintivo, enriquecidas con fibra dietética y con mejores propiedades antioxidantes.

En el estudio de Noor et al., (2011) se analizó la preparación de bizcochos mediante la sustitución parcial de harina de trigo por pulpa de mango (PM) y epicarpio de mango (EM) en

concentraciones del 5%, 10%, 20% y 30%; los resultados indicaron que la incorporación de PM y EM aumentó el contenido de fibra dietética y redujo los niveles de grasa y calorías, además de disminuir la hidrólisis y el índice glucémico previsto en comparación con el bizcocho de control, sin embargo, mayores proporciones de PM y EM afectaron negativamente el volumen, la firmeza y el color del bizcocho; la evaluación sensorial determinó que la formulación con un 10% de PM y un 10% de EM fue la más aceptada por los consumidores, estos hallazgos sugieren que la PM y el EM poseen un alto potencial como ingredientes ricos en fibra y pueden utilizarse en la elaboración de bizcochos y otros productos de panadería para mejorar sus cualidades nutricionales.

El chontaduro (*Bactris gasipaes K*), también conocido como pupunha, pijuayo, pixbae, cachipay, pejibaye o tembe, es una planta de la familia de las palmeras (Bravo, P. E., Moreno, P. L., 2015), en Colombia, el departamento del Valle del Cauca es el principal productor de chontaduro (*Bactris gasipaes K*), con una producción anual estimada de 48.792 toneladas; el peso total de la fruta varía entre 20 y 100 g dependiendo del ecotipo, la semilla puede pesar entre 3 y 4 g, y se estima que el fruto está conformado por 11% de piel (epicarpio) y 81% de pulpa (mesocarpio), mientras que el porcentaje restante corresponde a la semilla, lo que representaría un volumen estimado de residuos de epicarpio de chontaduro de 5.367,12 t/año para el departamento del Valle del Cauca (Colombia) (Martínez, G. J. et al., 2017).

Al analizar la harina residual de epicarpio de chontaduro a partir de la caracterización y cuantificación de carotenoides; sus resultados evidenciaron la presencia de violaxantina, luteína, zeaxantina, variedad de betacarotenos y un alfa caroteno, lo que comprobó la importante presencia de pigmento carotenoide y provitamina A, por lo tanto, representaría un gran aporte para la industria alimentaria (González, J., et al., 2021).

En el estudio de Ordoñez (2017), se emplearon pigmentos procedentes de la harina de epicarpio de chontaduro (*Bactris gasipaes K*) con concentraciones de 5 % y 7,5 % en la elaboración de panes y torta y se compararon con muestras control elaboradas con colorante artificial tartrazina, los resultados aportaron un color más naranja para los productos elaborados con pigmentos de epicarpio de chontaduro, en cuanto a la evaluación sensorial los panes y tortas no presentaron el sabor residual de chontaduro, pues se utilizaron bajas concentraciones del colorante, obteniendo el color deseado; así, el aprovechamiento agroindustrial del epicarpio de chontaduro sería una alternativa natural y nutricional en medio de una industria de alimentos que utiliza colorantes artificiales que no tienen ningún aporte nutricional.

El fruto del melocotón (*prunus pérsica*) se compone de tres partes distintas; la pulpa o mesocarpio constituye aproximadamente el 75,2% del peso del fruto, siendo esta succulenta y de tonalidad amarilla, con un sabor amplio que alterna entre ácido y dulce, su pH promedio generalmente fluctúa de 3,5 a 4,0, el epicarpio forma la segunda parte y representa alrededor del 22,5% del fruto y la tercera parte comprende el endocarpio, que encierra la semilla dentro de una cáscara resistente y del 5,0 al 12,5% del peso del fruto (Solomakou, N., et al. 2024).

El trabajo de investigación de Martínez, G. J., et al. (2017) tuvo como objetivo evaluar el color y las características sensoriales de tortas elaboradas con diferentes proporciones de harina de epicarpio de melocotón (*prunus pérsica*), sustituyendo la harina de trigo en un 2,5%, 5,0%, 7,5% y 10%, sin colorantes artificiales, las mezclas preparadas se hornearon a 215 ± 2 °C hasta alcanzar una temperatura interna de 94 ± 2 °C; las tortas con formulaciones hasta 7,5% de sustitución con harina de epicarpio obtuvieron las mejores calificaciones sensoriales, mientras que aquellas con 10% y tartrazina tuvieron los puntajes más bajos, además, la incorporación de harina de epicarpio aumentó la concentración de carotenoides en todas las muestras,

posicionándola como una alternativa viable de colorante natural en productos horneados, en respuesta a la preferencia por ingredientes naturales.

La berenjena (*Solanum melongena* L.) es una hortaliza ampliamente cultivada en regiones tropicales y subtropicales, con un origen indoeuropeo (Kazemi et al., 2019). El procesamiento de la berenjena genera una cantidad considerable de residuos, incluido su epicarpio, que a menudo se descarta como subproducto, sin embargo, este representa una fuente valiosa de compuestos bioactivos, como polifenoles, flavonoides y fibras dietéticas, con propiedades antioxidantes, antimicrobianas y anticancerígenas (Amulya & Islam, 2023).

La cantidad de subproductos generados por una berenjena (*Solanum melongena* L.) varía según el cultivo, el tamaño y la etapa de maduración; un análisis realizado en 20 berenjenas oscuras frescas, cultivadas en los campos de la ciudad de Pishva, Irán, estimó que una berenjena con un peso fresco promedio de 198,7 g aporta 81 g de cáliz y 284 g de epicarpio, esto representa un 18,36% del peso total del fruto, distribuido en un 4,07% para el cáliz y un 14,29% para el epicarpio, así, se podría estimar que anualmente se generan alrededor de 10.134.330 toneladas de subproductos de la berenjena (Karimi, A., et al. 2021).

Zhang et al. (2020), evaluaron el efecto del calor en las antocianinas del epicarpio de berenjena (*Solanum melongena* L.) (EB) mediante dos métodos de cocción: vapor y ebullición, usando como alimento modelo galletas preparadas con una masa de fibra dietética y antocianinas, el resultado fue una disminución significativa de antocianinas en todas las muestras, no obstante, la cocción al vapor permitió una mayor retención de antocianinas en comparación con la ebullición, que desintegró las galletas en una pasta; el estudio sugiere que la fibra dietética protege las antocianinas al atraparlas en su matriz, otra posibilidad es la formación de interacciones, como enlaces de hidrógeno, fuerzas de van der Waals, interacciones

electrostáticas e interacciones hidrofóbicas entre la fibra dietética y las antocianinas, que podrían contribuir a su termoestabilidad; Se concluyó que el vapor es el mejor método para conservar antocianinas en productos sólidos, mientras que la ebullición es más efectiva en líquidos.

Martini et al. (2021) analizaron el impacto de cuatro métodos de cocción domésticos sobre la estabilidad y bioaccesibilidad de los compuestos fenólicos de la berenjena; en el caso de las antocianinas, que se concentran mayoritariamente en el epicarpio, se observó que la ebullición fue el mejor método para la retención de antocianinas (43,7% de pérdida de antocianinas totales), seguido de la fritura (60,3% de pérdida), asado a la parrilla (84,4% de pérdida de antocianinas totales) y panificación (91,2% de pérdida), los resultados de este estudio podrían interpretarse sobre el efecto del tratamiento térmico sobre la funcionalidad de las antocianinas EB.

El zapallo (*Cucurbita moschata*) se clasifica en la familia "*Cucurbitaceae*". Según el tallo, la forma y la textura, se agrupan en cuatro grupos principales: *Cucurbita máxima*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita mixta* y *Cucurbita moschata* (Valdés, 2014; Hussain et al., 2022). El zapallo es una hortaliza de alto rendimiento, larga vida útil en poscosecha y alto contenido de nutrientes que puede cambiar de una variedad a otra, lo que la hace apetecible para ser empleada en diversos procesos culinarios y agroindustriales (Khan et al., 2019; Ortiz et al., 2020). En Colombia, *Cucurbita moschata* es la variedad más cultivada y consumida según Rodríguez et al., (2018), destacándose por su alto contenido de carotenoides, especialmente β -caroteno (Ubaque et al., 2015).

El procesamiento de zapallo (*Cucurbita moschata*) produce una gran cantidad de residuos agrícolas, lo que supone un gran problema; Nueva Zelanda, se produce 5500 toneladas métricas de desechos de zapallo durante una temporada de procesamiento de seis meses, este

material de desecho representa casi el 25% del total de zapallo procesada porque solo se utiliza la fracción de pulpa para el procesamiento; Sin embargo, subproductos como el epicarpio y las semillas pueden aprovecharse en la producción de alimentos funcionales, pues son ricos en compuestos fenólicos, flavonoides, carotenoides y minerales, además, las semillas contienen entre un 35% y un 58% de ácidos grasos (Ordóñez et al., 2014; Hussain et al., 2022).

En el trabajo de investigación de Hussain et al. (2023) estudiaron el uso de epicarpio, pulpa y semillas de zapallo en polvo como sustitutos parciales de la harina de trigo (0%, 5%, 10% y 15%) en la elaboración de galletas, analizando su efecto en la masa; encontraron que con un 15% de reemplazo de epicarpio en polvo, la absorción de agua aumentó y el tiempo de desarrollo de la masa se prolongó, mientras que su estabilidad disminuyó con la adición de epicarpio, pulpa y semillas; el tiempo de mezclado de la masa de control fue de $3,55 \pm 0,029$ min y se redujo a $3,03 \pm 0,015$ min, $2,94 \pm 0,023$ min y $3,23 \pm 0,017$ min con un 15% de harina de epicarpio, pulpa y semillas respectivamente, además, con mayores niveles de sustitución, la altura, el ancho y la extensión de las galletas disminuyeron, mientras que su espesor aumentó, sin embargo, estos cambios no afectaron negativamente la calidad de la masa, lo que permitió obtener galletas con buenas características.

La planta de café (*Coffea* spp.) no solo es la fuente de la popular bebida hecha con granos tostados, sino que también genera una variedad de subproductos durante su cultivo y procesamiento, la mayoría de los cuales no se aprovechan adecuadamente y suelen destinarse al reciclaje térmico, la fertilización o la alimentación animal (Lachenmeier et al., 2021).

El coproducto más importante de las primeras etapas del procesamiento del café poscosecha es el epicarpio (cascarilla de café), la eliminación de estos residuos representa un desafío ambiental, por lo tanto, la industria cafetera busca revalorizarlos en lugar de

considerarlos simplemente desperdicio; el epicarpio representa hasta el 45% de la cereza del café y, al igual que otros coproductos del grano, contiene nutrientes valiosos como carbohidratos, fibra dietética, proteínas, grasas, minerales y vitaminas, estas propiedades lo convierten, junto con la piel plateada, en una fuente potencial de ingredientes para el desarrollo de nuevos alimentos (Poláková et al., 2023).

El uso de pulpa o epicarpio de cereza de café como harina es posible hasta cierta cantidad; en su revisión, Iriando et al., (2020), afirmaron que en el pan sin gluten entre el 3% y el 4,5% se puede sustituir por fibra dietética aislada de cáscara de café y el 2,5% por extracto de cáscara sin que ello afecte negativamente al proceso de horneado ni al resultado sensorial; además, el pan tiene una mayor elasticidad de la miga y el color de la cáscara le da al pan la apariencia de pan integral.

Rosas et al., (2021) describieron la producción de pan blanco convencional con polvo de epicarpio de cereza de café (*Coffea* spp.), utilizando pulpa descafeinada en polvo como sustituto parcial de la harina de trigo en proporciones del 1,25%, 2,5% y 5% (base húmeda); con más del 5% de polvo, el pan adquiere una sensación terrosa, con más del 10%, la masa se vuelve difícil de manipular; a diferencia del pan sin gluten, el pan de trigo normal tiene una corteza más dura y una mayor proporción de pulpa en polvo; en general, el pan se vuelve más oscuro y denso, pero los consumidores aceptan una sustitución de hasta un 5% en términos de sabor; el contenido de cafeína del café descafeinado en polvo es de 0,04 g/100 g. equivalente a 0,4 g/kg, lo que se considera insignificante.

La zanahoria (*Daucus Carota*) es una hortaliza que se identifica por su alto contenido de carotenoides y compuestos fenólicos, los cuales le otorgan propiedades antioxidantes, estos compuestos están concentrados en mayor proporción en el epicarpio, también contienen fructosa,

glucosa, sacarosa, iones inorgánicos y ácidos orgánicos; el epicarpio de zanahoria comprende entre un 18 y un 50% del vegetal, por lo que se puede usar como ingrediente en la elaboración de bizcochos, galletas y pan, además el aprovechamiento contribuye con la disminución de desperdicios de alimentos (Quitral et al., 2023).

El estudio de Quitral et al., (2023) evaluó la incorporación de harina de epicarpio de zanahoria (*Daucus carota*) (HEZ) en galletas como sustituto parcial de harina de trigo (0%, 5%, 10% y 20%) para aumentar el contenido de fibra dietética y analizar su impacto en saciedad, aceptabilidad y preferencia sensorial; en comparación con la muestra control, el contenido de fibra aumentó en 48%, 96% y 193% en las formulaciones con 5%, 10% y 20% de EZ respectivamente, lo que se relaciona con un mayor efecto de saciedad; sin embargo, el aporte de fibra dietética por porción es mediano, ya que 50 g de muestra EZ20 aportan 1,73 g de fibra dietética, que corresponde a 6,9% del valor de referencia diario; entre las formulaciones, la galleta con 20% de EZ fue la más aceptada sensorialmente y la preferida por los consumidores, posiblemente debido a su mayor contenido de fibra y efecto saciante.

Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas en Galletas

Las galletas de trigo es uno de los productos más consumidos debido a la facilidad de preparación, amplia disponibilidad en diversas variedades y asequibilidad, convirtiéndose en una opción popular entre los consumidores de todas las edades; estos productos con frecuencia se componen únicamente de una mezcla de mantequilla, azúcar y harina, esto implica que constituyen un alimento alto en calorías, bajos niveles de fibra dietética y compuestos bioactivos, sin embargo, se ha ido creando entre los consumidores una conciencia sobre la nutrición inadecuada y la aparición de trastornos asociados a la dieta que buscan alimentos funcionales que

sean ricos en nutrientes y tengan el potencial de ejercer efectos favorables en sus fisiologías (Krajewska & Dziki, 2023)

De acuerdo a Chikpah et al., (2023), la pulpa del fruto de karité (*vitellarea Paradoxa*), un subproducto generado durante el procesamiento del fruto de karité, es una fuente vital de fitoquímicos para el desarrollo de alimentos funcionales; el análisis bromatológico mostró que el contenido de fibra cruda, grasa y cenizas totales de las galletas enriquecidas con pulpa del fruto de karité aumentó entre un 155,3% y un 565,8%, entre un 1,7% y un 6,8% y entre un 22,2% y un 111,3%, respectivamente, mientras que los contenidos de humedad, proteína cruda y carbohidratos disponibles disminuyeron.

Pomasa et al. (2025), desarrollaron galletas funcionales sin gluten con mayor fibra dietética, contenido fenólico y actividad antioxidante utilizando epicarpio de plátano (*Musa cavendish*), en este estudio se utilizó proporciones variables de harina de epicarpio de plátano de 0%, 3%, 6%, 9% y 12%, la galleta control se elaboró con harina de maíz, pero se hizo la comparación fisicoquímica con la galleta control y la galleta enriquecida al 9%, ya que esta galleta enriquecida con el 9% de harina de epicarpio de plátano obtuvo la puntuación más alta en los atributos sensoriales de apariencia, color, olor, gusto y textura; por consiguiente las características fisicoquímicas se pueden apreciar en la siguiente tabla 3.

Tabla 3

Características Fisicoquímicas de Galletas con Harina de Maíz y Enriquecida con Harina de Epicarpio de Plátano

Características	Galleta Control	Galleta Enriquecida 9%
Actividad del agua	0,22	0,25
Humedad (%)	1,96	1,77
Ceniza (%)	3,42	5,03
Proteína (%)	2,30	2,46
Lípidos (%)	37,34	38,42
Carbohidratos (%)	54,98	52,32
Fibra (%)	12,22	19,48
Energía (Kcal/g)	572,10	570,77
Densidad (g/cm ³)	0,23	0,29
Dureza (N)	113,38	127,38

Nota. Características fisicoquímicas de las galletas elaboradas con harina de maíz y de epicarpio de plátano. Elaborado por Pomasa et al. (2025).

En la tabla 3 se muestra que la actividad acuosa (aw) para ambas galletas son microbiológicamente estables y poseen una vida útil prolongada; la galleta enriquecida exhibió niveles mayores de ceniza y fibra; en cuanto a los carbohidratos fue un poco menor en la galleta enriquecida en comparación a la galleta control; mientras que los contenidos de humedad, proteínas y lípidos no se observan diferencias significativas.

Marcos et al., (2023) estudiaron el efecto de la adición de harina de orujo de uva (*Vitis vinífera*) de dos variedades: Arinto (A) y Touriga Nacional (TN) en galletas saladas para mejorar

sus propiedades funcionales; se desarrollaron seis formulaciones con diferentes niveles de incorporación (5 %, 10 % y 15 % *p / p*) y una muestra de control, se seleccionó como muestra preferida para la evaluación nutricional las galletas saladas con 10% de incorporación de ambas variedades, en la tabla 4 se puede apreciar el análisis nutricional.

Tabla 4

Valores Nutricionales de las Galletas Saladas con 10% de Incorporación de Orujo de Uva Comparado con la Muestra Control

Características	Muestra Control	Galleta Touriga Nacional (TN)	Galleta Arinto (A)
Energía, Kcal	409,21	400,90	397,10
Proteína, g	9,44	8,57	9,63
Lípidos, g	8,01	8,86	8,58
Carbohidratos, g	74,04	67,02	66,04
Fibra, g	1,60	9,40	8,60
Ceniza, g	2,79	3,58	3,85

Nota. En la tabla se muestra la comparación de valores nutricionales de galletas elaboradas con harina de trigo (muestra control) con galletas elaboradas con 10% de orujo de uva. Tomado de Marcos et al., (2023)

Las galletas Touriga Nacional (TN) y Arinto (A) tienen valores significativamente altos de fibra comparados con la muestra control como se muestra en la tabla 4, debido a este aumento significativo de la fibra se puede afirmar que estas galletas pueden poseer características de un alimento funcional; en la tabla 4 también se puede observar que el mayor componente nutricional del orujo de uva son los carbohidratos por la presencia de glucosa y fructosa en el orujo de uva,

las cuales parecen ser responsables del sabor dulce mejorado de los productos; en cuanto a la evaluación sensorial, la incorporación de harina de orujo de uva en galletas saladas no parece comprometer su textura ni su firmeza, además que presenta colores innovadores, que van del violeta en las galletas con Touriga Nacional al marrón en las de la variedad Arinto, perceptibles al ojo humano en comparación con las galletas de control.

Otros autores utilizaron epicarpio y semillas de uva secas (*Vitis vinífera*) y molidas para complementar las galletas, reemplazando la harina de trigo con 5, 10 y 15% del aditivo, se demostró un aumento en el contenido total de fibra dietética en las galletas fortificadas, lo que se correlacionó con el nivel del aditivo utilizado; las concentraciones de fibra dietética en productos que contienen componentes de epicarpio oscilaron entre 5,72% (un suplemento del 5%) y 8,64% (15%), con las semillas, el contenido de fibra varió desde 6,60% MS (un suplemento de 5%) hasta 9,76% MS (15%), mientras que la muestra de control (sin el aditivo) resultó en 2,37% EM; la alta concentración de fibra de las galletas se debe al considerable contenido de fibra total, que fue de 56,13% más para los epicarpios y 58,80% más para las semillas (Kuchtová et al., 2018).

Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas en Tortas

Las tortas son un producto horneado que por su sabor dulce se vuelve muy apetecido en las reuniones o celebraciones, existen diferentes tipos de tortas y se clasifican según los métodos de horneado, los ingredientes, el tamaño y la forma, se pueden elaborar utilizando harina de trigo con incorporación de diferentes harinas vegetales para enriquecerlos nutricionalmente (Akter et al. 2023).

Hosseini & Pazhouhandeh, (2023) utilizaron diferentes niveles de harina de epicarpio de manzana (*Malus domestica*) y pulpa (10, 20 y 30 %) para enriquecer tortas, como resultado de esta sustitución demostraron que la adición del 30 % de harina de epicarpio de manzana y pulpa

a la fórmula de la torta aumentó la fibra dietética total a 27,71 % comparada con la muestra control que solo tenía un 4,14 %; en todas las tortas elaboradas con las adiciones aumentó significativamente la dureza, gomosidad, masticabilidad, capacidad de absorción de cenizas, grasas, agua y aceite, mientras que la humedad, la proteína, la densidad aparente y el pH mostraron una tendencia a bajar en las muestras con sustitución; por lo tanto se puede decir que la harina de epicarpio y pulpa de manzana puede ser utilizada en la elaboración de tortas como excelente fuente de fibra dietética.

Por otro lado, en la investigación de Weshah & Al-Hafud, (2023) se sustituyó la harina de trigo por harina de epicarpio de mango (*Mangifera indica*) y epicarpio de plátano (*Musa cavendish*) en proporciones de 10%, 20%, 30% para fabricar tortas de laboratorio y luego ser evaluadas a nivel sensorial, de propiedades químicas, nutricionales y microbianas; los resultados de la evaluación sensorial indicaron que la proporción de sustitución del 10% mostraba resultados más aceptables para el consumidor, no afectó el sabor, el aroma ni la apariencia; en la tabla 5 se muestra los resultados de los análisis químicos y nutricionales realizados a las tortas fortificadas con 10% de harinas de epicarpio de mango y plátano comparadas con la torta elaborada con harina de trigo; en los análisis químicos indican que el contenido de proteínas, grasas, humedad, cenizas y fibra de la torta con sustitución de 10% es mayor en comparación con el tratamiento control, mientras que los carbohidratos disminuyeron con la sustitución; en cuanto al análisis nutricional, se puede apreciar, por un lado, los minerales (el zinc, hierro, magnesio, potasio, sodio y calcio) y por otro, los fitoquímicos (los fenoles, flavonoides, alcaloides, taninos), al igual que la vitamina C mostraron un aumento significativo en las tortas con sustitución comparada con la torta control, por lo anterior se puede afirmar que los epicarpios de mango y plátano son más ricos en sustancias funcionales que la harina de trigo, al incorporarlos

en alimentos como las tortas puede aumentar la actividad antioxidante permitiendo de esta manera la inhibición de radicales libres, así mismo aumentando la vida útil de los alimentos.

Tabla 5

Análisis Químico y Nutricional en Tortas Fortificadas con Harina de Epicarpios de Mango y Plátano

Parámetros	Torta control (harina de trigo 100%)	Torta con sustitución 10%
Análisis químico		
Fibra (%)	3.19	3.63
Carbohidratos (%)	48.23	45.58
Ceniza (%)	10.12	11.58
Humedad (%)	22.0	22.22
Grasa (%)	15.37	16.2
Proteínas (%)	4.4	4.6
Análisis nutricional		
Minerales		
Zinc	1.68	1.89
Hierro	1.88	1.90
Magnesio	12.58	24.58
Potasio	45.91	59.85
Sodio	143.6	146.8
Calcio	63.5	70.6

Fitoquímicos		
Taninos	4.29	5.39
Alcaloides	3.29	8.69
Flavonoides	6.559	12.59
Fenoles	8.0	18.9
Vitamina esencial		
Vitamina C	4.19	11.59

Nota. Se puede apreciar la comparación realizada a las tortas control y con sustitución del 10% de harina de epicarpios de mango y plátano en cuanto al análisis químico y nutricional.

Elaborado por Weshah & Al-Hafud, (2023)

En el estudio de Martínez, G. J. et al. (2017) se evaluó el color y las características sensoriales de tortas elaboradas con diferentes cantidades de harina de epicarpio de chontaduro (*Bactris gasipaes K*) (HEC) al 2,5%, 5,0%, 7,5% y 10% sin añadir colorantes artificiales y se comparó con una torta control a la que se le añadió tartrazina como colorante artificial; la intensidad del color en las tortas fue subiendo a medida que aumentaba el porcentaje de HEC, este resultado se debe a la concentración de carotenoides aportadas por el epicarpio de chontaduro como se puede observar en la tabla 6 que su contenido va a ser mayor y es proporcionalmente directo a la adición de HEC en cada torta comparado con la torta elaborada con tartrazina; las tortas con 2,5, 5,0 y 7,5% de sustitución con HEC presentaron mayores puntajes para los atributos sensoriales evaluados (textura, color, sabor, olor), en cuanto a la aceptación general la de 7,5% obtuvo mayor puntaje, mientras que las tortas con tartrazina y 10% HEC tuvieron los menores puntajes.

Tabla 6

Análisis de Carotenoides a Tortas Elaboradas con Harina de Epicarpios de Chontaduro

Formulación	Carotenoides
Torta con Tartrazina	0,07
2,5% HEC	2,1
5% HEC	3,8
7,5% HEC	5,1
10% HEC	7,1

Nota. En la tabla se muestra la concentración de carotenoides en las tortas con los diferentes porcentajes de adición de harina de epicarpio de chontaduro (HEC). Elaborado por Martínez, G. J. et al. (2017)

Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas en Pan

Como alimento básico, el pan es el producto alimenticio más consumido en todo el mundo y también se considera una fuente importante de carbohidratos y proteínas en los países en desarrollo; en consecuencia, el pan tiene el potencial de ser un medio eficiente para distribuir ingredientes funcionales complementarios beneficiosos para la salud mediante la fortificación, como harina de fruta, hortalizas, probióticos, sales orgánicas y oligosacáridos (Hasan, M. et al., 2024).

En el estudio de Jacinto, G. (2020), se determinó y evaluó las características químicas y sensoriales de panes sin gluten con adición de harina de epicarpio de papa (*Solanum tuberosum* L.) (HEP), harina de semilla de calabaza (*Cucurbita*) (HSC) y harina de quinua

(*Chenopodium Quinoa*) (HQ), donde se preparó tres formulaciones con porcentajes de (2,5 %, 5,0 % y 7,5 %); las características químicas determinadas se pueden apreciar en la tabla 7.

Tabla 7

Composición Química de Panes sin Gluten Elaborados con Harinas de Epicarpio de Papa, Semilla de Calabaza y Harina de Quinoa

Composición	Formulaciones				
	Química	Control %	2,5%	5,0%	7,5%
Carbohidratos		24,3	26,3	29,4	30,9
Cenizas		1,4	1,8	1,7	1,5
Lípidos		6,3	6,9	6,6	4,2
Proteínas		2,1	2,1	2,0	1,7
Humedad		65,9	63,0	60,3	61,7

Nota: en la tabla se muestra las composiciones químicas de los panes elaborados con las tres formulaciones e igual que el pan sin gluten control para su respectiva comparación. Elaborado por Jacinto, G. (2020)

Con base a la tabla 7, comparando los panes elaborados con HEP, HSC y HQ con el pan control se observó que los carbohidratos aumentaron proporcionalmente; en cuanto a las cenizas y lípidos se muestra que los resultados arrojados en el pan control fueron menores que los panes con HEP, HSC y HQ, sin embargo, entre las formulaciones de sustitución a medida que el porcentaje aumentaba los resultados de cenizas y lípidos disminuía; en las proteínas no hubo cambios significativos y en la humedad se observó que en el control fue mayor, la variación de los resultados se debe a la composición química de cada harina, ya que todas tienen sus

propiedades que aportan a cada producto; finalmente en el análisis sensorial se evaluaron los atributos de apariencia, aroma, sabor, textura e impresión general del producto, donde el puntaje de mayor aceptación fueron los panes elaborados con 5% de adición de HEP, HSC y HQ.

La aplicación del epicarpio de naranja (*Citrus sinensis*) y sus fibras en alimentos a base de harina de trigo se ha documentado en varios estudios, en este sentido, en una investigación realizada por Han et al., (2021) se incorporó harina de trigo y una proporción variable de polvo de epicarpio de naranja (0, 1%, 3%, 5% y 7%) en panes, con el fin de analizar las características reológicas, las propiedades de fermentación y los efectos en el envejecimiento; según los resultados se determinó que el aumento sucesivo en la cantidad de polvo de epicarpio de naranja causó un incremento notable en la absorción de agua y el tiempo de desarrollo de la masa, como se demostró en la comparación que se hizo entre el pan control y el pan con 5% de polvo de epicarpio de naranja, la absorción de agua de la masa mejoró del 59,70 % al 66,82 % aumentando el tiempo de desarrollo de 1,40 min a 4,51 min y disminuyendo el grado de retrogradación del 1,01 % al 0,68 %, además, no se observó ningún deterioro notable del endurecimiento del pan, aunque con el 7% se mostró una disminución significativa debido a la mayor acción de dilución del gluten por la retención excesiva de agua del polvo de epicarpio de naranja; en cuanto a la viscosidad máxima disminuyó significativamente de 1,69 a 1,56, por ende hubo mayor estabilidad de la masa fortaleciendo la elasticidad de la masa; en la fermentación la adición de polvo de epicarpio de naranja aumentó significativamente la producción total de CO₂ y esto se le atribuye a la introducción de fibra a la masa de trigo y finalmente se comprobó que la tasa de envejecimiento fue mayor en las muestras con adición que la del control por un período de almacenamiento de 2 a 4 días.

En otro estudio, se prepararon y analizaron la actividad antioxidante y la composición

fenólica de un control y un pan de trigo enriquecido al 2% y 4% con un extracto fenólico de epicarpio de mandarina (*Citrus reticulata*); los resultados mostraron un aumento significativo en el contenido total de flavonoides, la actividad antioxidante y los contenidos de quercetina, ácido cafeico y hesperidina en el pan enriquecido al 4% sin embargo, la mayoría de los polifenoles se degradaron completamente después del proceso de digestión in vitro, excepto la hesperidina, lo que destaca la contribución del enriquecimiento con cítricos en el desarrollo de un pan enriquecido con potencial antioxidante (Gómez et al., 2023).

Bajo la misma línea de investigación, Spina et al., (2019) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de evaluar el cambio de las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en pan de trigo duro con adición de fibras de epicarpios de naranja (*Citrus reticulata*) y limón (*Citrus Limon*), almacenado durante 120 días en condiciones de atmosfera modificada; para cumplir con el objetivo en la masa de control no se añadió fibra cítrica, mientras que en las otras cuatro masas se añadió fibra de naranja y fibra de limón en proporciones iguales de 1,5 y 2,0% para cada una y la última masa se realizó con una mezcla de las dos fibras cada una con 1,0% de adición; en el análisis de las propiedades fisicoquímicas, el volumen y peso específico no mostraron diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento entre las muestras de pan, probablemente debido al uso de harina de trigo duro integral; la relación entre la altura (h) y el diámetro (d) de los panes se utiliza en la industria panadera para parametrizar cualquier falla de la masa, durante el almacenamiento, el pan control mostró la mayor relación h/d debido a la ausencia de harina de cítricos, lo que contribuye a una alta tenacidad de la masa, aunque las demás muestras de pan no difieren estadísticamente del control; en cuanto a la porosidad de la miga, las muestras de pan con epicarpio de naranja disminuyeron a partir de los 30 días de almacenamiento, mientras que la muestra con epicarpio de limón mantuvo buenas características

hasta los 90 días de almacenamiento; para la estructura interna del pan solo las muestras con 1,5% de epicarpio de limón y con 1% de la mezcla de los dos epicarpios mostraron una estructura irregular tanto después del horneado como durante el almacenamiento; con respecto al espesor de la corteza en la muestra con 2 % de epicarpio de naranja fue menor después de 60 días de almacenamiento; con relación a la firmeza externa se afectó significativamente por el tiempo de almacenamiento, en tiempo cero (t_0) todas las muestras mostraron valores entre 2,08 y 2,42 kg/cm², a partir de los 30 días hasta los 60 días de almacenamiento se observó una ligera reducción en todas las muestras; finalmente el contenido de humedad varió aproximadamente de 38,5 a 41,6% al inicio, a los 60 días de almacenamiento el contenido de humedad disminuyó hasta aproximadamente 30% en el control y en el pan con fibra de limón, mientras que en las muestras de pan producidas con fibra de naranja y con fibra mixta bajo alrededor de 20%, a los 90 y 120 días de almacenamiento, no se evidenciaron diferencias notables entre las muestras de pan con excepción de la muestra con 2% de fibra de limón que tuvo el nivel de humedad más bajo; por otro lado en el análisis microbiológico los recuentos de levaduras y mohos mostraron valores de aproximadamente 1 log₁₀ ufc/g durante los primeros 30 días y 3,5 log₁₀ ufc/g al final del almacenamiento; los resultados de la evaluación sensorial destacan que los panes enriquecidos con fibras de naranja y limón mostraron un sabor cítrico, pero tuvieron una evaluación general similar respecto al pan control producido sin adición de fibra cítrica y los resultados de este estudio mostraron que la adición de hasta un 2% de fibras de naranja y limón en la harina integral de trigo duro es una posible estrategia para producir pan rico en fibra.

Análisis Nutricionales Realizados al Producto Elaborado con Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas

En este apartado se hace una investigación de los análisis nutricionales que se realizan a los productos horneados con incorporación de epicarpio de frutas y hortalizas con el fin de evaluar el comportamiento de los nutrientes durante el proceso de elaboración del producto, además de determinar los tipos de nutrientes y el contenido final que aporta el epicarpio de la fruta u hortaliza usada como materia prima al producto horneado.

A todos los productos horneados siempre se les realiza análisis bromatológico y pruebas sensoriales; por lo general se usan métodos gravimétricos, cromatografía líquida (HPLC) y espectrometría de masas según lo indica (ICBF & Universidad Nacional de Colombia., 2018).

En la investigación de Ordóñez et al. (2023) analizó el efecto de la temperatura en la concentración de carotenoides y provitamina A durante el horneado de pan enriquecido con extracto de epicarpio de mandarina, se evaluaron temperaturas de 160, 180 y 200 °C en tiempos de 0, 10, 20, 30, 40 y 50 minutos; la masa cruda, enriquecida con 20 g de extracto por cada 100 g de masa, presentó inicialmente β -caroteno (2,88 $\mu\text{g/g}$), α -caroteno (2,74 $\mu\text{g/g}$), β -criptoxantina (1,70 $\mu\text{g/g}$), licopeno (0,73 $\mu\text{g/g}$) y provitamina A (425,24 $\mu\text{g RAE/g}$), los resultados mostraron que, a medida que aumentaban el tiempo y la temperatura de horneado, los pigmentos carotenoides y la provitamina A se reducían significativamente.

Hidalgo et al. (2010) señalan que la pérdida de carotenoides durante el horneado se debe a la isomerización e hidroxilación de los carotenos, lo que da lugar a la formación de epoxicarotenoides, apocarotenoides y otras estructuras de bajo peso molecular a altas temperaturas, así mismo, la disminución de provitamina A está relacionada con la degradación

del β -caroteno, el principal carotenoide con actividad provitamínica A en las muestras analizadas.

El artículo de Elkatry et al. (2023) tuvo como objetivo analizar mediante métodos quimiométricos: los macronutrientes, minerales, fitoquímicos, actividad antioxidante y propiedades sensoriales del pan árabe elaborado con harina de epicarpio y pulpa de batata anaranjada; la fortificación con epicarpio (5%, 10% y 15%) y pulpa de batata (10%, 20% y 30%) en comparación con el pan control mostraron que el pan control tenía el contenido de humedad más alto entre todas las muestras, mientras que el contenido de fibra, y ceniza fue mayor en todas las muestras fortificadas especialmente con 15% de epicarpio; en cuanto a la composición mineral se identificaron y cuantificaron doce elementos (Ca, Cd, P, Se, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, Ni, Zn) mediante espectroscopía de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo ICP-OES y se determinó que los contenidos de Ca, Na, K, P, Mg y Zn fueron más altos en la harina de epicarpio de batata y los minerales Cr, Cu y Ni fueron más altos en la harina de pulpa de batata, por ende las muestras de pan con incorporación de harina de epicarpio de batata mostraron una mejor capacidad de fortificación mineral en comparación con las otras muestras; con relación a los fitoquímicos, las muestras con epicarpio fueron más ricas en fenoles y flavonoides, mientras que las fortificadas con harina de pulpa de batata destacaron en antocianinas y carotenoides, aumentando la capacidad antioxidante; sensorialmente, la fortificación no afectó la aceptabilidad, salvo con 15% de epicarpio, que recibió calificaciones más bajas, debido a su color, textura y aroma, sin embargo, 20% y 30% de muestras con harina de pulpa de batata mejoraron la textura y masticabilidad, y 5% de epicarpio resaltó en aroma, en conclusión, la fortificación mejoró el perfil nutricional y funcional del pan sin afectar su aceptación sensorial.

El estudio de Segura et al. (2022) evaluó si el epicarpio de plátano (*Musa Cavendish*), tras ser desinfectado, conservaba suficientes nutrientes para su uso como materia prima en la elaboración de pan y galletas, se elaboraron productos con una sustitución del 10% de epicarpio en el pan y del 10% y 20% en las galletas, a los cuales se realizó un análisis en cuanto a la composición química y evaluación sensorial; los valores obtenidos respecto a la composición química de los productos suplementados se presentan en la Tabla 8:

Tabla 8

Composición Química del Pan y Galletas Sustituídos con Epicarpio de Plátano

% de Epicarpio de Plátano		Humedad	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra
Pan	0	36,8	12,2	8,1	40,7	2,4
	10	34,5	12,6	10,7	38,9	2,7
Galletas	0	7,4	12,1	28,3	50,7	1,5
	10	6,2	12,3	30,2	48,1	1,8
	20	5,3	13,1	31,5	46,1	2,6

Nota. Esta tabla muestra los valores determinados de los componentes químicos del pan y galletas en estudio. Elaborado por Segura et al. (2022)

Según la tabla 8, la adición de epicarpio de plátano en la elaboración de pan y galletas aportó un mayor valor nutricional. Se observó un aumento en el contenido de proteína, grasa y fibra, mientras que la humedad y los carbohidratos disminuyeron, lo que indica que los productos suplementados presentan un mejor perfil nutricional en comparación con el producto control; para la evaluación sensorial, se contó con 60 panelistas por cada grupo de productos, con edades entre 20 y 40 años. Los jueces expresaron su grado de aceptación mediante una escala hedónica

de cinco puntos: 1 = No me gusta mucho; 2 = Me disgusta moderadamente; 3 = No me gusta ni me disgusta; 4 = Me gusta moderadamente; y 5 = Me gusta mucho. Se proporcionó agua potable a los participantes para el enjuague entre degustaciones, los resultados indicaron que el pan obtuvo índices de aceptación superiores al 80%, reflejando una buena aceptación en comparación con el producto control; en cuanto a las galletas, aquellas con un 10% de epicarpio de plátano lograron una aceptación superior al 80% en todos los parámetros evaluados, sin embargo, las galletas con un 20% de epicarpio alcanzaron un índice máximo de aceptabilidad del 62% en el parámetro olor, mientras que la aceptación en sabor y color no superó el 20%.

Por otro lado, la investigación de Akter et al. (2023) comparó el efecto de dos métodos de secado (gabinete y secado al sol) en las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes y funcionales de la harina de epicarpio de papa (HEP) seca; además, se evaluaron las características físicas, texturales y sensoriales de los pasteles elaborados con la incorporación de esta harina; la harina de epicarpio de papa se preparó blanqueando a 90-95 °C durante 2-3 minutos: una parte del epicarpio se secó al sol por 3 días a 30°C y la otra en el gabinete por 12 horas a 65°C y finalmente se molieron hasta obtener la harina, los resultados mostraron que la HEP secada en gabinete contiene mayor contenido de proteína, grasa, fibra y carbohidratos, así como una menor cantidad de humedad y cenizas, además, la actividad mineral y antioxidante fue más significativa en el HEP secado en gabinete en comparación con el HEP secado al sol, al igual las propiedades funcionales como la capacidad de absorción de agua y aceite, la densidad aparente, la capacidad de formación de espuma, la actividad emulsionante y la capacidad de hinchamiento fueron mayores para el HEP secado en gabinete que para el secado al sol; por lo tanto, para la preparación de las tortas se incorporó 0%, 4%, 6% y 8% de la harina de epicarpio de papa secada en gabinete, esta se comparó con la torta control elaborada con harina de trigo,

donde los resultados de altura, volumen y peso aumentaron con la adición de HEP; en cuanto a la evaluación sensorial, las tortas enriquecidas con 4% de HEP lograron el puntaje más alto para los atributos sensoriales, por lo que se podría sugerir para la formulación de tortas compuestas con mejores cualidades físicas y organolépticas.

Beneficios de los Productos de Panificación Elaborados a partir de la Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas

El epicarpio, la pulpa y las semillas de las frutas y hortalizas están constituidas por macronutrientes, como agua, carbohidratos, fibra, grasas y proteínas; micronutrientes como vitaminas y minerales; y también son ricas en compuestos bioactivos, principalmente carotenoides, ácidos fenólicos, flavonoides y fitoesteroles; los beneficios para la salud de las harinas de subproductos hortofrutícolas están relacionados con su contenido en fibra y compuestos bioactivos ligados, que se ha demostrado que ejercen varios beneficios para la salud, como la actividad antioxidante, la mejora de la microbiota intestinal, el aumento de la saciedad, la menor ingesta de energía y, en consecuencia, la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como la diabetes de tipo 2, la obesidad, el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Santos et al., 2022).

Por lo general, el uso de harinas de epicarpio de frutas y hortalizas en productos alimenticios aumenta el contenido de compuestos bioactivos, como el contenido fenólico total y los carotenoides, lo que se traduce en un aumento de las bioactividades del producto alimenticio, siendo la actividad antioxidante la más estudiada; aunque la magnitud del aumento de compuestos bioactivos puede no ser proporcional al efecto biológico, los estudios han venido demostrando que el uso de fibra procedente de subproductos puede inducir varios efectos positivos sobre la salud, concretamente sobre el microbiota intestinal del huésped (Santos et al.,

2022).

De acuerdo a lo anterior los productos de panadería como galletas, pasteles, pan, etc. pueden enriquecerse con subproductos de frutas y hortalizas en diferentes formas y proporciones para alterar sus propiedades fisicoquímicas y mejora su funcionalidad, se ha demostrado que el epicarpio tiene propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias y antivirales, asociadas a la presencia de polifenoles (Sudha, M. L. et al. 2023).

Efectos Beneficiosos para la Salud a partir de Galletas Enriquecidas con Epicarpio de Frutas y Hortalizas

Enriquecer galletas con epicarpio de frutas y hortalizas es un enfoque más saludable de la dieta debido a los altos niveles de compuestos bioactivos y nutrientes que contienen, lo cual puede ser un medio eficaz para prevenir enfermedades; cabe destacar que la incorporación de epicarpio de frutas y hortalizas en las galletas ayuda a aumentar su contenido de fibra y minerales, además, mejora considerablemente el potencial nutracéutico de los productos al añadir compuestos fenólicos con alta actividad antioxidante, en consecuencia, las galletas enriquecidas pueden ayudar a prevenir y reducir el riesgo de diversas enfermedades (Krajewska, A. et al., 2023).

Por lo anterior se menciona algunos estudios relacionados a galletas elaboradas con epicarpios de frutas y hortalizas.

El artículo de Krajewska, A. et al. (2023) indica que las galletas elaboradas con polvo de epicarpio de naranja (*Citrus sinensis*) mostraron una mayor cantidad en fibra, en la propiedad antioxidante, en el contenido total en compuestos fenólicos y en ceniza en comparación con las galletas de control, mientras que los niveles de proteína y grasa disminuyeron; de igual manera las galletas con epicarpio de limón fresco y extracto de pulpa de limón liofilizado mostraron un

aumento potencial antioxidante, un mayor contenido de compuestos fenólicos y polifenoles y una mayor resistencia a la oxidación lipídica; es importante resaltar que el epicarpio de naranja es una valiosa fuente de vitamina C, fibra dietética, aceites esenciales, ácidos fenólicos (como ácido gálico y ácido protocatequico), flavonoides (incluyendo catequinas y epigallocatequinas) y ácidos orgánicos y el epicarpio de limón contienen cantidades significativas de compuestos polifenólicos, especialmente flavanonas, como eriocitrina y hesperidina, es rico en ácidos fenólicos (como el ácido ferúlico y el ácido vainílico), carotenoides y volátiles; lo anterior evidencia que los epicarpios de naranja y limón, son aditivos valiosos, especialmente para aumentar el contenido total de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de las galletas de mantequilla. Por lo tanto, el beneficio que puede traer el consumo de estas galletas fortificadas es prevenir enfermedades cardiovasculares, renales y accidentes cerebrovasculares (Teke, N. V. et al., 2023).

En el estudio de Wani, K.M. et al. (2025), se informó que la utilización de harina de epicarpio de plátano (*Musa cavendish*) en galletas mejora su contenido nutricional y textura, actuando como un sustituto sin gluten de la harina de trigo regular, la harina de epicarpio de plátano contiene una alta concentración de almidón resistente, fibra prebiótica, vitaminas y minerales vitales que incluyen potasio y magnesio; las galletas enriquecidas con harina de epicarpio de plátano exhibieron mayores niveles de minerales, excepto zinc, niveles más altos de componentes bioactivos, incluidos fenoles y flavonoides, también mayor retención de humedad, debido al alto nivel de almidón en la harina de epicarpio de plátano, lo que produce una sensación más suave de la galleta, además el consumo de almidón resistente puede tener un buen efecto en la salud intestinal al estimular el crecimiento de la flora intestinal beneficiosa, otros beneficios de estas galletas fortificadas incluye actividades antioxidantes, antimicrobianas,

antiinflamatorias, anticancerígenas y da la posibilidad de consumo de galletas sin gluten ideal para personas con alergia al gluten o aquellas que buscan ingredientes alternativos para hornear, coincidiendo con la creciente necesidad de opciones de alimentos más saludables y diversificados.

En el estudio de Sudha, M. L. et al. (2023), se utilizó 10% de polvo de epicarpio de mango (*Mangifera indica*) en la formulación de galletas donde el contenido total de fibra dietética, polifenoles y carotenoides aumento 51%.

Las galletas elaboradas con subproductos de mango (*Mangifera indica*) contienen más fibra y antioxidantes, por lo que la fibra, en particular las fracciones solubles e insolubles, favorece la salud digestiva, reduce la glucemia y los niveles de colesterol; el alto contenido de fibra dietética, carotenoides y polifenoles como flavonoides, taninos y ácidos fenólicos del polvo de epicarpio de mango podrían reducir el riesgo de enfermedades crónicas al eliminar los radicales libres, protegen contra la degeneración macular asociada a la edad mejorando la salud ocular y reducen la inflamación (Albaayit, S. F. A. et al., 2024)

En el estudio de Naseeha, N.F. et al. (2023), se reveló que las galletas fortificadas con polvo de epicarpio de piña (*Ananas comosus* L.) presentaron mejores propiedades antioxidantes y mayor contenido de fibra cruda, cenizas, azúcar, potasio y ácido ascórbico que las galletas control, en consecuencia, las galletas tuvieron un efecto considerable en sus beneficios nutricionales como reducir el riesgo de diabetes, formación de cálculos biliares, cáncer de colon, problemas relacionados con la obesidad y aterosclerosis.

Efectos Beneficiosos para la Salud a partir de Tortas Enriquecidas con Epicarpio de Frutas y Hortalizas

Las tortas son productos horneados cuyo ingrediente principal es la harina de trigo y se caracteriza por su textura única, flexible y elástica, debido a su alto contenido calórico y a la gran cantidad de azúcar y aceite en su fórmula, el consumo excesivo puede aumentar la probabilidad de desarrollar enfermedades cardíacas, caries, obesidad, varios tipos de cáncer y niveles elevados de glucosa en sangre, especialmente en personas con diabetes; por ello, actualmente se está prestando mucha atención a la investigación sobre el uso de sustitutos para mitigar esos problemas nutricionales y convertir las tortas en alimentos más funcionales (Jahromi, S. F. et al., 2024).

Bajo este contexto existen investigaciones que evidencian los beneficios de la incorporación de frutas y hortalizas en las tortas. En el artículo de Martínez, G. J. et al. (2017), se demostró el efecto de la adición de harina de epicarpio de chontaduro (*Bactris gasipaes K*) como colorante alimentario natural en tortas para reemplazar el colorante artificial tartrazina, ya que los colorantes artificiales como la eritrosina, el ponceau y la tartrazina pueden traer riesgos para la salud como alergias y aumenta el riesgo de cáncer, mientras que los colorantes alimentarios naturales, como los carotenoides, β -caroteno, bixina, licopeno y carotenal, además de su efecto colorante, pueden aportar beneficios a través de antioxidantes y provitamina A; la torta elaborada con adición de epicarpio de chontaduro obtuvo un alto contenido total de carotenoides en comparación con el control y un aumento de la intensidad del color a medida que aumentaba el porcentaje de harina de epicarpio de chontaduro y esto debido al aumento de la materia seca y la concentración de carotenoides. Las tortas fortificadas con epicarpio de chontaduro pueden traer beneficios asociados con la protección contra el cáncer y algunas enfermedades degenerativas

como cataratas, degeneración macular relacionada con la edad y enfermedad de Alzheimer (Ordoñez, S. L. E. et al., 2019).

En el estudio de Mukherjee, I. et al. (2023), se utilizó una mezcla de epicarpio de sandía (*Citrullus lanatus*) y epicarpio de naranja (*Citrus sinensis*) en una proporción de 1:1 (p/p) para elaborar torta funcional y se utilizaron como fuente de productos sin gluten, lo cual beneficia a las personas sensibles al gluten, los resultados indican que el contenido de humedad aumentó al igual que las proteínas, fibra dietética y cenizas, además de contener compuestos bioactivos como fenoles y flavonoides, vitaminas, minerales y aminoácidos; estos epicarpios son ricos en fibra, vitamina C, folato, vitamina B6, vitamina A y otros nutrientes esenciales como zinc, potasio y selenio, también el epicarpio de sandía aporta la citrulina, un aminoácido que confiere efectos antioxidantes, es vital para el corazón, el sistema circulatorio y el sistema inmunitario; por ende la torta funcional otorga beneficios al sistema digestivo, no hay un aumento en los niveles de azúcar en la sangre, ni colesterol, además es un producto apto para personas con enfermedad celíaca.

El artículo de Akter et al. (2023) se centró en comparar el método de secado de harina de epicarpio de papa (*Solanum tuberosum* L.), secado en gabinete y secado al sol, para determinar las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes y funcionales, donde se determinó que la harina de epicarpio de papa secado en gabinete obtuvo los mejores resultados; por lo anterior se prepararon tortas con harina de epicarpio de papa secada en gabinete y se comparó con torta elaborada con 100% de harina de trigo, dicha comparación dio como resultado mayor contenido de proteína, grasa, fibra y carbohidratos para la torta con adición de harina de epicarpio de papa, además la actividad antioxidante fue significativa. Por lo tanto, estas tortas aportan nutrientes que benefician la salud sobre la disminución de enfermedades crónicas como las cardiovasculares,

ciertos tipos de cáncer y el estreñimiento; la fracción insoluble de la fibra tiene una estrecha relación con la regulación intestinal, mientras que la fibra soluble se relaciona más con la disminución de los niveles de colesterol y la absorción intestinal de glucosa (Jeddou, K. B. et al., 2017).

Efectos Beneficiosos para la Salud a partir de Pan Enriquecidos con Epicarpio de Frutas y Hortalizas

El pan refinado es un alimento básico de consumo común, es un alimento de alto índice glucémico, se asocia con una mayor tasa de liberación de glucosa posprandial y sensaciones de saciedad más bajas que los panes formulados con harina integral y están fuertemente asociados con el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2, en consecuencia, el pan refinado se podría reformular con ingredientes de origen vegetal tanto para aumentar la densidad de nutrientes, retardar la liberación de glucosa posprandial y ofrecer posibles beneficios para la salud (Amoah et al., 2022).

Según Aljobair, M. O. (2024), la fortificación de pan con harinas de epicarpios de zapallo (*Cucurbita moschata*), sandía (*Citrullus lanatus*) y pepino (*Cucumis sativus*) arrojó mayor cantidad de lípidos, proteínas, minerales, fibra y compuestos bioactivos como fenol y flavonoides en comparación con el pan control; el uso de estas harinas de epicarpios logró en el desarrollo de un pan enriquecido, que mejorarían la calidad de vida y la salud del consumidor, debido a los componentes nutricionales, bioactivos, ya mencionados, y a una mejor actividad antioxidante, el consumo de pan enriquecido ayudaría a combatir diversas enfermedades causadas por deficiencias de minerales y fibra y también eliminaría el estrés oxidativo en el cuerpo.

En la investigación de Rizk Aprilisa, W. et al. (2023). se demostró que al elaborar un pan con adición de harina de epicarpio de café Robusta (*Coffea canephora*) se podría enriquecer con fibra dietética, antioxidantes, minerales y otras propiedades químicas como proteína, grasa y carbohidratos, por lo que se convierte en un alimento funcional potencial principalmente para tratar la obesidad; esta se puede prevenir reduciendo la ingesta de carbohidratos, grasas y sustituyéndola por fibra dietética. El epicarpio del café es rico en nutrientes, como fibra dietética y minerales, en los que predominan el potasio, el magnesio, el calcio, y proteínas, también presenta varios compuestos bioactivos como la cafeína, flavonoides y polifenoles como el ácido clorogénico y el ácido 5-cafeoilquínico; por lo anterior el pan con harina de epicarpio de café robusta presenta mayor contenido de fibra dietética, de proteína y mayor actividad antioxidante lo que puede aumentar sus propiedades funcionales y podrían ser un agente para tratar la obesidad.

Finalmente el artículo Moreno, R. C. et al. (2024), propone crear pan molde enriquecido con fibra dietética, polifenoles totales y ácido ascórbico como un alimento nutritivo y saludable aprovechando el epicarpio de mango (*Mangifera indica*), ya que es rico en compuestos bioactivos; la adición de harina de epicarpio de mango y ácido ascórbico aumentó la cantidad de fibra dietética, polifenoles, mejoro la textura y sabor del pan molde; este producto enriquecido, además de usarse como fuente de fibra, puede considerarse funcional y ayudar en el tratamiento de ciertas patologías asociadas con la oxidación celular como enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras enfermedades progresivas.

El contenido de fibra dietética y polifenoles en el pan, mejora las propiedades antioxidantes, debido a su potente capacidad de absorción de agua y a su propiedad de mejorar la

viscosidad, se ha descubierto que la fibra dietética ralentiza la velocidad de digestión de los alimentos ricos en almidón, lo que resulta en una respuesta reducida del azúcar en sangre después del consumo, también se ha demostrado que los polifenoles inhiben la digestión del almidón, lo que contribuye a mantener la homeostasis glucémica después de una comida (Hasan, M., 2024).

Análisis de Resultados

Tabla 9

Productos de Panificación Elaborados con Harina de Epicarpio de Frutas y Hortalizas

Fruta / Hortaliza	Producto de Panificación	Porcentaje de Sustitución Óptimo	Beneficios Observados	Limitaciones
Plátano	Pan, galletas	10–20%	Aumento de fibra, proteínas, minerales; mejora sensorial aceptable	Mayor sequedad y dificultad en manejo de masa con altas proporciones (>20%)
Papa	Pan, pastel	5–10% (fibra)	Mejora textura, disminución de acrilamida, mayor vida útil	Cambios limitados por tipo de formulación y nivel de sustitución
Piña	Galletas	10%	Alta aceptabilidad sensorial; mejora fibra, potasio y antioxidantes	Sustitución mayor puede afectar textura
Naranja	Galletas	10%	Aumento de fibra dietética y buena aceptabilidad sensorial	Disminución de proteína y grasa con mayor proporción de sustitución

Fruta / Hortaliza	Producto de Panificación	Porcentaje de Sustitución Óptimo	Beneficios Observados	Limitaciones
Limón	Galletas, pan	3–5%	Alta capacidad antioxidante; buena aceptación sensorial	Aumento en dureza del pan con mayores proporciones
Mandarina	Galletas	6%	Mayor contenido de fibra, antioxidantes; buena aceptación sensorial	Mayor proporción no evaluada
Mango	Galletas, bizcochos	10% (EM y/o PM)	Mejora fibra y antioxidantes; reducción de grasa y calorías	Proporciones >10% afectan volumen y firmeza del bizcocho
Chontaduro	Pan, torta	5–7.5%	Alternativa de colorante natural, buen color, sin sabor residual	Se requiere formulación cuidadosa para mantener sabor neutro
Melocotón	Torta	7.5%	Mejora sensorial y nutricional sin aditivos artificiales	A 10% reduce aceptación sensorial
Berenjena	Galletas	ND	Aporte de antocianinas y antioxidantes; potencial antimicrobiano	Pérdida de antocianinas por panificación; vapor conserva mejor propiedades
Zapallo	Galletas	15%	Mejora de agua absorbida y nutrientes sin afectar masa significativamente	Reducción de altura y ancho; aumento en espesor de galleta

Fruta / Hortaliza	Producto de Panificación	Porcentaje de Sustitución Óptimo	Beneficios Observados	Limitaciones
Café	Pan (común y sin gluten)	3–5%	Mayor elasticidad, color similar al pan integral; aceptable sensorialmente	>5% genera textura terrosa y dificultad de manipulación
Zanahoria	Galletas	20%	Mayor fibra, saciedad, y preferencia del consumidor	Aporte de fibra por porción es moderado

Nota. Esta tabla muestra los productos de panificación más utilizados en la industria panificadora a partir del uso de epicarpio de frutas y hortalizas. Elaborado por los autores

En la tabla 9 se evidencian a las galletas, panes y tortas como los productos de panificación donde se incorporan harinas que incluyen cascara de frutas y hortalizas en su constitución con mayor frecuencia. Es posible observar una buena tolerancia al remplazo parcial de harina de trigo con la harina a la que se le ha añadido cáscara de futa procesada, particularmente hasta niveles del 10% al 20%, sin perjudicar de manera importante las características sensoriales y funcionales.

Además, se demostró que las galletas y los panes resultan ser productos con mayor versatilidad, puesto que permiten altas tasas de sustitución que no afectan de manera relevante la aceptación del público con respecto al color, olor, sabor y textura del producto final. La adición de la cáscara incrementa el valor nutricional en cuanto a fibra dietaria, minerales y antioxidantes, lo que mejorar el perfil del producto.

Sin embargo, debe considerarse que la aceptación sensorial se mantiene favorable hasta con un 10 a 15% de sustitución, dependiendo del producto y cascara utilizada, ya que este actúa

como ingrediente funcional y natural que sustituye las sustancias artificiales añadidas como colorantes, potenciando la alimentación saludable y sostenible.

En síntesis, la evidencia recabada en la presente monografía sostiene que la industria panificadora puede emplear la cáscara como materia prima complementaria, mejorando las propiedades del producto y disminuyendo las consecuencias ambientales de los desechos agroindustriales. A su vez, esto contribuye al desarrollo de prácticas de producción más responsables y enmarcadas en los principios de economía circular.

Tabla 10

Análisis Nutricionales en Productos Horneados con Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas

Producto	Epicarpio Usado	% Incorp.	Prote. (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Carbo. (%)	Ceniza (%)	Humedad (%)	Energía (Kcal)
Galleta	Karité	No detalla	↓	↑ (1,7-6,8%)	↑ (155-566%)	↓	↑ (22-111%)	↓	—
Galleta	Plátano	9%	2.46	38.42	19.48	52.32	5.03	1.77	570.77
Galleta	Plátano	10%	12.3	30.2	1.8	48.1	—	6.2	—
		20%	13.1	31.5	2.6	46.1	—	5.3	—
Galleta	Uva	10%	8.57	8.86	9.40	67.02	3.58	—	400.90
	Uva	10%	9.63	8.58	8.60	66.04	3.85	—	397.10
Torta	Mango + Plátano	10%	4.6	16.2	3.63	45.58	11.58	22.22	—
Torta	Manzana	30%	↓	↑	27.71	↓	↑	↓	—
Torta	Chontaduro	7.5%	—	—	—	—	—	—	—
Pan	Plátano	10%	12.6	10.7	2.7	38.9	—	34.5	—
Pan	Papa+Calabaza+Quinoa	7.5%	1.7	4.2	—	30.9	1.5	61.7	—
Pan	Batata	15%	↑	↑	↑	—	↑	↓	—

Nota. ↑: Aumento reportado sin valor específico; ↓: Disminución reportada sin valor específico.;

“—”: No reportado; • Todos los valores están expresados en porcentaje (%) a excepción de la

energía.

Los datos resumidos en la tabla 10 demuestran que la incorporación de la cáscara de frutas y hortalizas en los productos de panificación genera cambios nutricionales importantes, especialmente en el contenido de fibra, grasa, proteínas y carbohidratos. Con relación a la fibra dietética, se evidenciaron modificaciones con el uso de epicarpios de frutas como el karité, plátano, manzana, uva y batata, con incrementos que en algunos casos sobrepasa el 500% (como en las galletas que contenían karité).

Con respecto a los lípidos y proteínas se evidenciaron efectos variables, dado que productos como las galletas con incorporación de cáscara de plátano y batata tuvieron un incremento en ambos nutrientes, lo que se relaciona a la composición interna del epicarpio empleado, rico en estos compuestos nutricionales. Por otro lado, en casos como el pan con harina de papa, calabaza y quinua, el epicarpio produjo una reducción en los valores de lípidos y proteínas, demostrando la necesidad de mejorar las formulaciones para prevenir las pérdidas de macronutrientes importantes.

Además, se observó una tendencia general en la reducción del contenido de carbohidratos en los productos enriquecidos, lo que resulta en un cambio beneficioso en el contexto de salud pública donde se pretende disminuir el consumo excesivo de carbohidratos simples.

Adicionalmente, se demostró el aumento del contenido de cenizas, particularmente en las tortas que contenían cáscara de mango y plátano, evidenciando que estos subproductos aportan minerales esenciales que los convierten en ingredientes con alto valor nutricional.

Cabe destacar que no todos los estudios no reportaron la información nutricional completa o estandarizada con unidades, limitando la comparación directa entre productos.

Aunque la mayoría de productos evidenciaron mejoras nutricionales bien marcadas, estas deben

de complementarse con investigaciones que aborden los efectos funcionales y factores como la biodisponibilidad para consolidar la importancia de la incorporación del epicarpio como ingrediente sostenible en la industria de alimentos.

Tabla 11

Beneficios de los Productos de Panificación Elaborados a partir de la Incorporación de Epicarpio de Frutas y Hortalizas

Producto	Componente Mejorado	Beneficios
Galletas (naranja)	Fibra↑, antioxidantes↑, compuestos fenólicos↑, ceniza↑	Reduce riesgo cardiovascular y renal, mejora tránsito intestinal
Galletas (limón)	Antioxidantes↑, compuestos fenólicos↑, polifenoles↑, resistencia oxidativa↑	Prevención de enfermedades crónicas (ACV, renales, etc.)
Galletas (plátano)	Minerales↑, fibra↑, bioactivos↑, humedad↑	Mejora salud intestinal, antioxidante, sin gluten
Galletas (mango)	Fibra↑ (51%), carotenoides↑, polifenoles↑	Reduce colesterol y glucemia, salud ocular, antiinflamatorio
Galletas (piña)	Fibra↑, antioxidantes↑, potasio↑, ácido ascórbico↑	Prevención de diabetes, cáncer de colon, obesidad
Torta (chontaduro)	Carotenoides↑, color natural↑	Evita aditivos artificiales, provitamina A, antioxidante
Torta (sandía + naranja)	Fibra↑, proteínas↑, ceniza↑, antioxidantes↑, sin gluten	Apto para celíacos, no eleva glucemia, antioxidante, multivitamínico
Torta (papa)	Proteína↑, grasa↑, fibra↑, carbohidratos↑, antioxidantes↑	Reducción de enfermedades crónicas, regulación intestinal
Pan (zapallo + sandía + pepino)	Lípidos↑, proteínas↑, fibra↑, minerales↑, bioactivos↑	Mejora salud general, previene estrés oxidativo
Pan (epicarpio de café)	Fibra↑, proteína↑, antioxidantes↑	Prevención de obesidad, antioxidante, antiinflamatorio
Pan (mango)	Fibra↑, polifenoles↑, ácido ascórbico↑	Control glucémico, funcional antioxidante, prevención de enfermedades cardiovasculares

Nota. La tabla muestra los diferentes beneficios que aportan a la salud el incorporar cascara de frutas y hortalizas en productos de panificación.

La información proporcionada en la tabla 11 demuestra que la incorporación de los epicarpios en productos de panificación se constituye como una estrategia eficaz que potencia el perfil nutricional y funcional de estos alimentos, elaborados convencionalmente con ingredientes refinados y con bajo valor nutricional. Los datos evidencian que el enriquecimiento con epicarpios valoriza los subproductos hortofrutícolas y responde a requerimientos nutricionalmente importantes como el déficit de fibra dietaria, el exceso de carbohidratos simples y el reducido consumo de compuestos bioactivos.

De esta manera, el uso de cáscara de frutas y hortalizas resulta de beneficio tanto para la sostenibilidad alimentaria como para la salud pública, constatándose beneficios relevantes para prevenir enfermedades crónicas en la población, tales como, diabetes tipo 2, enfermedades cardíacas, cáncer y problemas inflamatorios. No obstante, se reflejó que los estudios no describen en profundidad las modificaciones sensoriales que puedan repercutir sobre la aceptabilidad del producto final. Adicionalmente, si bien los beneficios reportados se fundamentan en la mejora de parámetros fisicoquímicos y antioxidantes, aún es necesario generar mayor evidencia que demuestre el impacto directo de este tipo de productos en el consumo diario de la población.

Conclusiones

Los productos de desecho infrautilizados como semillas, cáscaras, pieles y residuos; pueden ser una buena fuente de valiosos compuestos bioactivos, como nutrientes funcionales, amilopectina, fitoquímicos, vitaminas, enzimas, fibras alimentarias y aceites. En este caso, los epicarpios de frutas y hortalizas más utilizados en elaboración de productos de panificación son plátano (*Musa cavendish*), papa (*Solanum tuberosum* L.), piña (*Ananas comosus* L.), naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*), limón (*Citrus limon*), mango (*Mangifera indica*),

chontaduro (*Bactris gasipaes K*), melocotón (*Prunus persica*), berenjena dulce (*Solanum melongena L.*), zapallo (*Cucurbita moschata*), café (*Coffea spp.*), zanahoria (*Daucus carota*), etc.

El aprovechamiento de los epicarpios mencionados en los productos de panificación aporta características positivas a nivel nutricional, sensorial y física, convirtiendo el producto convencional en un producto funcional.

Los productos de panificación abarcan una cantidad compleja y variada, de los cuales, los que más se consumen son galletas, tortas y panes, por lo que son los más utilizados para incorporar epicarpio de frutas y hortalizas, con el fin de crear productos funcionales. Como bien se sabe en la elaboración de los productos horneados convencionales los ingredientes principales son harina de trigo, grasa y azúcar, que aportan gran cantidad de carbohidratos y lípidos, convirtiéndolos en alimentos con alto contenido calórico, estos productos hacen parte del consumo diario en proporciones considerables, lo cual los hace un alimento perjudicial para la salud, sin embargo, los consumidores han creado conciencia de los problemas de salud que pueden traer el consumo excesivo de esta clase de alimentos, por lo que se ven en la necesidad de encontrar productos horneados funcionales.

Los epicarpios de frutas y hortalizas tienen nutrientes como, fibra dietética, vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas, ácidos grasos, compuestos bioactivos como carotenoides, enzimas, polifenoles, entre otros, que los hace unos componentes ideales para incorporarlos en la producción de galletas, tortas y panes, de esta manera se crean productos de panificación funcionales que permitan beneficiar a los consumidores aumentando la ingesta de nutrientes y así disminuir el riesgo de enfermedades; la incorporación de fibras dietéticas permite una regulación en el sistema gastrointestinal; en el caso de los compuestos bioactivos hace que la actividad antioxidante aumente y prevenga de enfermedades cardíacas, virales, diabetes, cáncer, entre

otras. Además, es importante destacar que los epicarpios de frutas y hortalizas son considerados desechos en la industria alimentaria, por lo que su aprovechamiento también favorece en mitigar la contaminación ambiental.

Recomendaciones

En general, la harina de cáscara de frutas y hortalizas es una materia prima potencial para la fabricación de productos de panadería funcionales como las galletas, tortas y panes. Se deben realizar más estudios para evaluar la influencia de la incorporación de dicha materia prima en las propiedades funcionales y pastosas de la harina, así como en parámetros como minerales, propiedades microestructurales y aceptación de dichos productos por parte del consumidor.

Referencias Bibliográficas

- Aguero, R., Brítez, M., & Reckziegel, Y. (2022). Incorporación de harinas no convencionales derivadas de frutas en un producto de panificación. *Revista Impacto*, 2(1), 16–28.
<http://revistas.uni.edu.py/index.php/impacto/article/view/354/404>
- Ajila, C.M., Leelavathi, K., Prasada, U.J.S. (2008). Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, Volume 48, Issue 2, Pages 319-326, ISSN 0733 5210,<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733521007001841>
- Akhobakoh, M., Zing Zing, B., Ngatchou, A., Mbassi, J., & Nchanji, E. (2022). Potato (*Solanum tuberosum* L.) flour enriched with date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) powder and bean milk for cookies production. *Agricultural Sciences*, 13(09), 973–988.
<https://doi.org/10.4236/AS.2022.139060>
- Akter, M., Anjum, N., Roy, F., Yasmin, S., Sohany, Mahomud, S. (2023). Effect of drying methods on physicochemical, antioxidant and functional properties of potato peel flour and quality evaluation of potato peel composite cake. *Journal of Agriculture and Food Research*, Volume 11, 100508, ISSN 2666-1543.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154323000157>
- Albaayit, S. F. A., K., Amartani, A. M. Ali, Hasddin S. S. Shah and H. K.W. Aslam. 2024. Mango Waste (Peel and Kernel) Enhances Food Dietary Fiber and Antioxidant Properties. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences* 12:1043-1049. :
<https://doi.org/10.22194/JGIAS/24.1567>
- Ahmad, T., Rauf, M. A., Awais, M., Ali, R., Sajjad, M., Raees, M., Riaz, T., & Qadeer, B. (2022). Fruits and vegetables peel’s incorporation in different food products: A review.

- International Journal of Health Sciences, 6(S7), 6578-6602. Retrieved from Ciencias, 6 (S7), 6578-6602. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/372958429_Fruits_and_vegetables_peel's_incorporation_in_different_food_products_A_review
- Aljobair, M. O. (2024). Enrichment of Bread With Green Pumpkin, Watermelon and Cucumber Peels: Physicochemical, Pasting, Rheological, Antioxidant and Organoleptic Properties, *Journal of Food Quality*, 2024, 6649325, 12 pages, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/6649325>
- Amoah, I., Cairncross, C., Osei, E., Yeboah, J., Cobbinah, J., & Rush, E. (2022). Bioactive Properties of Bread Formulated with Plant-based Functional Ingredients Before Consumption and Possible Links with Health Outcomes After Consumption- A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 77(3), 329–339. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-022-00993-0>
- Amoah, I., Cobbinah, J., Yeboah, J., Essiam, F., Lim, J., Tandoh, M., & Rush, E. (2023). Edible insect powder for enrichment of bakery products– A review of nutritional, physical characteristics and acceptability of bakery products to consumers. *Future Foods*, 8. <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2023.100251>
- Amoah, I., Taarji, N., Johnson, P. N., Barrett, J., Cairncross, C., & Rush, E. (2020). Plant-Based Food By-Products: Prospects for Valorisation in Functional Bread Development. *Sustainability*, 12(18), 77–85. <https://doi.org/10.3390/SU12187785>
- Amulya, P., & Islam, R. (2023). Optimization of enzyme-assisted extraction of anthocyanins from eggplant (*Solanum melongena* L.) peel. *Food chemistry: X*, 14(18), 100643. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2023.100643>

- Beegle, J., & Borole, A. (2018). Energy production from waste: Evaluation of anaerobic digestion and bioelectrochemical systems based on energy efficiency and economic factors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96(1), 343–351.
<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.07.057>
- Belitz, H., Grosch, W., Schieberle, P. (2008). Vegetables and Vegetable Products. *Food Chemistry*.
https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791/handbook_of_vegetables_&_vegetable_processing.pdf
- Braga, P., Lo Scalzo, R., Dal Sasso, M., Norma Lattuada, N., Greco, V., Fibiani, M. (2016). Characterization and antioxidant activity of semi-purified extracts and pure delphinidin-glycosides from eggplant peel (*Solanum melongena* L.). *Journal of Functional Foods*, Volume 20, ISSN 1756-4646.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464615005368>
- Bravo, P. E., Moreno, P. L. (2015). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan tipo molde con sustitución parcial de harina de chontaduro (*Bactris Gasipaes*). var. Rojo Cauca. *Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos*.
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=ing_alimentos
- Chang, R., Li, C., & Shiau, S. (2015). Physico-chemical and sensory properties of bread enriched with lemon pomace fiber. *Czech J. Food Sci.*, 33(2), 180–185.
<https://doi.org/10.17221/496/2014-CJFS>
- Chikpah, S. K., Korese, J. K., & Osman, S. (2023). Characterization of physicochemical, antioxidants and sensory properties of cookies enriched with shea (*Vitellaria paradoxa*)

- fruit pulp as a functional ingredient. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 1–16. <https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-023-00152-1>
- de Toledo, N., Brigide, P., López, R., Frontela, C., Ros, G., & Canniatti, S. (2019). Higher inositol phosphates and total oxalate of cookies containing fruit by-products and their influence on calcium, iron, and zinc bioavailability by Caco-2 cells. *Cereal Chemistry*, 96(3), 456–464. <https://doi.org/10.1002/CCHE.10145>
- Djeghim, F., Bourekoua, H., Różyło, R., Bieńczak, A., Tanaś, W., & Zidoune, M. (2021). Effect of by-products from selected fruits and vegetables on gluten-free dough rheology and bread properties. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(10), 4605. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/10/4605>
- Domínguez, B., Robles, J., Ayala, R., Mannino, G., Zuñiga, B., Domínguez, J., Robles, R., Ayala, J., Villegas, M., & González, G. (2022). Agro-Industrial Fruit Byproducts as Health-Promoting Ingredients Used to Supplement Baked Food Products. *MDPI*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/FOODS11203181>
- Durán, D., Muñoz, L., Castillo, L., Posada, J., Mussatto, S., Sierra, R., & Hernández, M. (2023). Design of a baked good using food ingredients recovered from agro-industrial by-products of fruits. *LWT*, 185(1), 115174. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2023.115174>
- Elkatry, H., El-Beltagi, H., Ramadan, K., Ahmed, A., Mohamed, H., Al-Otaibi, H., & Mahmoud, M. (2023). The Chemical, Rheological, and Sensorial Characteristics of Arabic Bread Prepared from Wheat-Orange Sweet Potatoes Flour or Peel. *Foods*, 12(8), 1658. <https://doi.org/10.3390/FOODS12081658/S1>
- Escobar, F. (2022). Formulación óptima de pan, mediante sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*), para aumentar la fibra dietaria en su

composición. *Universidad Nacional de Piura*.

<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/4067>

Ferreira, S., Jardim, F., da Fonseca, C., & Costa, L. (2020). Whole-grain pan bread with the addition of jabuticaba peel flour. *Ciência Rural*, 50(8). <https://doi.org/10.1590/0103-8478CR20190623>

García, A., Ventura, S., & Mendoza, J. (2019). Diversificación de productos alimenticios a base de cáscaras de vegetales procesadas como materia prima en la industria de alimentos : en asocio colaborativo con el Parque Tecnológico de Agroindustria PTA. *Escuela Especializada En Ingeniería ITCA FEPADE*.
<http://redicces.org.sv/jspui/handle/10972/4025>

Garcia, M., Milani, M., & Ries, E. (2020). Production optimization of passion fruit peel flour and its incorporation into dietary food. *Food Science and Technology International = Ciencia y Tecnologia de Los Alimentos Internacional*, 26(2), 132–139.
<https://doi.org/10.1177/1082013219870011>

Gómez, E., Sacristán, I., Rosales, N., León, M., & Madrid, Y. (2023). Valorization of Citrus reticulata Blanco Peels to Produce Enriched Wheat Bread: Phenolic Bioaccessibility and Antioxidant Potential. *PubMed*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/ANTIOX12091742/S1>

Gómez, M., & Martinez, M. (2018). Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(13), 2119–2135. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1305946>

Gómez, R., Campos, D., Oliveira, A., Aguilar, C., Madureira, A., & Pintado, M. (2021). A chemical valorisation of melon peels towards functional food ingredients: Bioactives profile and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 335.

<https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.127579>

González, J., Gnecco, G., Patiño, A., Enciso, P., & Páez, M. (2021). Elaboración de una Pasta Emulsionada de Cáscara de Chontaduro (*Bactris gasipaes*). *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1) 72-83. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/794/506>

Gonzalez, L., Montenegro, S., & Giraldo, P. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *RIAA (Revista de Investigación Agraria y Ambiental)*, 8(2), 141–150.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6285350&info=resumen&idioma=SPA>

Gutiérrez, L. (2021). Aprovechamiento de sub productos epicarpios de (piña, guineo, naranja, mandarina, mango, chontaduro, durazno, berenjena dulce) en el desarrollo de una línea de panificación para mejorar la oferta de la panadería _DON PASTELITO Loja 2021. *Instituto Tecnológico Sudamericano*.

<http://dspace.tecnologicosudamericano.edu.ec/jspui/handle/123456789/385>

Han, L., Zhang, J., & Cao, X. (2021). Effects of orange peel powder on rheological properties of wheat dough and bread aging. *Food Science & Nutrition*, 9(2), 1061–1069.

<https://doi.org/10.1002/FSN3.2080>

Hidalgo, A., Brandolini, A., & Pompei, C. (2010). Carotenoids evolution during pasta, bread and water biscuit preparation from wheat flours. *Food Chemistry*, 121(3), 746–751.

<https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.01.034>

Hasan, M., Islam, R., Haque, A., Kabir, R., Hasan, K. (2024). Fortification of bread with mango peel and pulp as a source of bioactive compounds: A comparison with plain bread. *Food Chemistry Advances*, Volume 5, 100783, ISSN 2772-753X.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X24001795>

- Hosseini, A., & Pazhouhandeh, F. (2023). Production of enriched cakes by apple pulp and peel powder and evaluation of chemical, functional and textural properties. *Vitae*, 30(1).
<https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v30n1a349519>
- Hussain, A., Kausar, T., Sehar, S., Sarwar, A., Ashraf, A. H., Jamil, M. A., Noreen, S., Rafique, A., Iftikhar, K., Quddoos, M. Y., Jawaid Aslam, J., Abid Majeed, M. A. (2022). A Comprehensive review of functional ingredients, especially bioactive compounds present in pumpkin peel, flesh and seeds, and their health benefits, *Food Chemistry Advances*, Volume 1, 100067, ISSN 2772-753X,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X22000557?pes=vor>
- Hussain, A., Kausar, T., Aslam, J., Quddoos, M. Y., Ali, A., Kauser, S., Zerlasht, M., Rafique, A., Noreen, S., Iftikhar, K., Waheed I. M., Shoaib, M., Refai, M. Y., Aqlan, F., Korma, S. A.(2023). Physical and Rheological Studies of Biscuits Developed with Different Replacement Levels of Pumpkin (*Cucurbita maxima*) Peel, Flesh, and Seed Powders. *Journal of Food Quality*, 4362094, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/4362094>
- ICBF & Universidad Nacional de Colombia. (2018). Tabla de Composición de Alimentos Colombianos. Bienestar Familiar. https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf
- Iriondo, A., Iriondo, M., & Del Castillo, M. (2020). Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products. *Biomolecules*, 10(9), 1219.
<https://doi.org/10.3390/BIOM10091219>
- Ijaz, N., Bashir, S., Ikram, A., Zafar, A., Ul Ain, H. B., Ambreen, S., Madilo, F. K. (2024). Valorization of potato peel: a sustainable eco-friendly approach. *CyTA - Journal of Food*, 22(1). <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2306951>

- Jacinto, G., Stieven, A., Maciel, M. J., & Souza, C. F. V. de. (2020). Effect of potato peel, pumpkin seed, and quinoa flours on sensory and chemical characteristics of gluten-free breads. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, e2019169.
<https://doi.org/10.1590/1981-6723.16919>
- Jahromi, S. F., Varidi, M. J., Varidi, M., Nooshkam, M. (2024). Reduced fat and sugar cakes developed by protein/polysaccharide/licorice extract ternary gel-like foams. *LWT*. Volume 194, 115790. ISSN 0023-6438.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643824000690>
- Jamal, N., Mohammad, R., & Mohmaoud, A. (2023). *Exploring the Potential Use of Orangepeel Powder to Obtain Arabic Bread with High Nutritional Characteristics*. *Asian Journal of Advances in Research*. <https://www.mbimph.com/index.php/AJOAIR/article/view/3344>
- Jayaraman, K., & Gupta, D. (2020). Drying of Fruits and Vegetables. *Handbook of Industrial Drying*, 643–690. <https://doi.org/10.1201/9780429289774-21>
- Jeddou, K. B., Bouaziz, F., Zouari-Ellouzi, S., Chaari, F., Ellouz-Chaabouni, S., Ellouz-Ghorbel, R., Nouri-Ellouz, O.(2017). Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein. *Food Chemistry*. Volume 217, ISSN 0308-8146.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616313218>
- Jiménez, N., Esparza, I., Bimbela, F., Gandía, L., & Ancín, C. (2019). Valorization of selected fruit and vegetable wastes as bioactive compounds: Opportunities and challenges. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(20), 2061–2108.
<https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1694819>
- Kandemir, K., Piskin, E., Xiao, J., Tomas, M., & Capanoglu, E. (2022). Fruit Juice Industry

- Wastes as a Source of Bioactives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(23), 6832. <https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.2C00756>
- Karimi, A., Kazemi, M., Samani, S. A., Gandara, J. S. (2021). Bioactive compounds from by-products of eggplant: Functional properties, potential applications and advances in valorization methods. *Trends in Food Science & Technology*, Volume 112, ISSN 0924-2244. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421002879?via%3Dihub>
- Kazemi, M., Khodaiyan, F., & Hosseini, S. (2019). Eggplant peel as a high potential source of high methylated pectin: Ultrasonic extraction optimization and characterization. *LWT*, 105(1), 182–189. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.01.060>
- Khan, M., Mahesh, C., Vineeta, P., Sharma, G., & Semwal, A. (2019). Effect of Pumpkin Flour on the Rheological Characteristics of Wheat Flour and on Biscuit Quality. *Journal of Food Processing & Technology*, 10(10), 1–6. <https://doi.org/10.35248/2157-7110.19.10.814>
- Korese, J. K., Chikpah, S. K., Hensel, O., Pawelzik, E., & Sturm, B. (2021). Effect of orange-fleshed sweet potato flour particle size and degree of wheat flour substitution on physical, nutritional, textural and sensory properties of cookies. *European Food Research and Technology*, 247(4), 889–905. <https://doi.org/10.1007/S00217-020-03672-Z/FIGURES/6>
- Krajewska, A., & Dziki, D. (2023). Enrichment of Cookies with Fruits and Their By-Products: Chemical Composition, Antioxidant Properties, and Sensory Changes. *Molecules*, 28(10), 4005. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES28104005>
- Kuchtová, V., Kohajdová, Z., Karovičová, J., & Lauková, M. (2018). Physical, Textural and Sensory Properties of Cookies Incorporated with Grape Skin and Seed Preparations.

- Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 68(4), 309–317.
<https://doi.org/10.2478/PJFNS-2018-0004>
- Kumar, K., Yadav, A., Kumar, V., Vyas, P., & Dhaliwal, H. (2017). Food waste: a potential bioresource for extraction of nutraceuticals and bioactive compounds. *Bioresources and Bioprocessing*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/S40643-017-0148-6>
- Lachenmeier, DW., Schwarz, S., Rieke-Zapp, J., Cantergiani, E., Rawel, H., Martín-Cabrejas, MA., Martuscelli, M., Gottstein, V., Angeloni, S. (2021). Coffee By-Products as Sustainable Novel Foods: Report of the 2nd International Electronic Conference on Foods-"Future Foods and Food Technologies for a Sustainable World". *Foods*. 2021 Dec 21;11(1):3.<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8750261/>
- Landi, E. (2022). Aprovechamiento de las cáscaras de piña (ananas comosus) y pitahaya (cereus sp) deshidratadas como fuente de fibra en la producción de buñuelos. *Universidad Agraria Del Ecuador*. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LANDI BOMBON ERICKA KATHERINE.PDF>
- López, L. (2021). Frutas tropicales y sus subproductos: Fuentes de fibra en productos alimenticios. *Epistemus, Ciencia, Tecnología y Salud*, 14(29), 70–77.
<https://epistemus.unison.mx/index.php/epistemus/article/view/149>
- Magalhães, D.; Vilas-Boas, A.A.; Teixeira, P.; Pintado, M. (2023). Functional Ingredients and Additives from Lemon by-Products and Their Applications in Food Preservation: A Review. *Foods* 12, 1095. <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/5/1095>
- Mala, T., Piayura, S., Itthivadhanapong, P. (2024). Characterization of dried pineapple (Ananas comosus L.) peel powder and its application as a novel functional food ingredient in cracker product. *Future Foods*, Volume 9, 100322, ISSN 2666-8335.

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666833524000285?via%3Dihub>
- Marcos, J., Carriço, R., Sousa, M. J., Palma, M. L., Pereira, P., Nunes, M., & Nicolai, M. (2023). Effect of Grape Pomace Flour in Savory Crackers: Technological, Nutritional and Sensory Properties. *MDPI*, *12*(7). <https://doi.org/10.3390/FOODS12071392>
- Martínez, G. J., Figueroa, M. A. M., & Ordóñez, S. L. E. (2017). Effect of the addition of peach palm (*Bactris gasipaes*) peel flour on the color and sensory properties of cakes. *Food Science and Technology*, *37*(3), 418–424.
- <https://www.scielo.br/j/cta/a/VVwqrkJ3vR3XzsXp3GSRMGk/?lang=en>
- Martini, S., Conte, A., Cattivelli, A., & Tagliazucchi, D. (2021). Domestic cooking methods affect the stability and bioaccessibility of dark purple eggplant (*Solanum melongena*) phenolic compounds. *Food chemistry*, *341*(2), 1282.
- <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.128298>
- Martins, Z., Pinho, O., & Ferreira, I. (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, *67*, 106–128.
- <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2017.07.003>
- Mayorga, M. (2022). Efecto de la adición de fibras para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería - Una revisión del conocimiento actual. *Universidad Técnica de Ambato*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34935>
- Mohd Ali, M., Hashim, N., Abd Aziz, S., & Lasekan, O. (2020). Pineapple (*Ananas comosus*): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, *137*.
- <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109675>
- Moniuszko, S. (2024). Ultra-processed foods linked to over 30 health issues, from diabetes to

- heart trouble to cancer, research finds. *Health Watch*.
- <https://www.cbsnews.com/news/ultra-processed-food-health-issues-cancer-early-death-research/>
- Moreno, R. C., Paucar, M. L. M., Chuqui D. S. R. & Castro, Z. V. (2024). Dietary fiber, polyphenols and sensory and technological acceptability in sliced bread made with mango peel flour. *Brazilian Journal of Food Technology*, 27, e2023073.
- <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07323>
- Mosso, J. (2022). Utilización del desecho orgánico de cáscara de plátano como aditivo de enriquecimiento en productos alimenticios. *Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/bb800e14-756b-46d9-95da-a13ecddf0012>
- Mukherjee, I., Ghosh, D., Dutta, S. (2023). Utilization Of Fruit Wastes by Preparing Cakes and Cookies - A Budget Friendly Application in Food Industry. *IJFMR*. Volume 5. E-ISSN: 2582-2160. <https://www.ijfmr.com/papers/2023/2/2799.pdf>
- Musacchi, S., & Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234, 409–430. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2017.12.057>
- Naseeha, N.F., Pushparaja, V. and Vasantharuba, S. (2023) ‘Development of composite biscuits incorporated with pineapple (*Ananas comosus*) peel powder and evaluation of their quality characters. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 26(3). Available at: <https://doi.org/10.4038/tare.v26i3.5643>.
- Ning, X., Wu, J., Luo, Z., Chen, Y., Mo, Z., Luo, R., Bai, C., Du, W., & Wang, L. (2021). Cookies fortified with purple passion fruit epicarp flour: Impact on physical properties, nutrition, in vitro starch digestibility, and antioxidant activity. *Cereal Chemistry*, 98(2),

- 328–336. <https://doi.org/10.1002/CCHE.10367>
- Noor Aziah, A. A., Lee Min, W., & Bhat, R. (2011). Nutritional and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by incorporation of high dietary fiber containing mango (*Mangifera indica* var. Chokanan) pulp and peel flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(6), 559–567. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/09637486.2011.562883>
- Ojha, P. & Thapa, S. (2017). Quality evaluation of biscuit incorporated with mandarin peel powder. *Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering*. 18. 19-30. https://www.researchgate.net/publication/314262228_Quality_evaluation_of_biscuit_incorporated_with_mandarin_peel_powder
- Ortiz Grisales, S.; Valdés Restrepo, M.P.; Vallejo Cabrera, F.A. 2020. Efecto de la endocría sobre habilidad combinatoria del rendimiento y calidad en zapallo (*Cucurbita moschata* Duchesne). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 23(1):e1176. <http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1176>
- Ordoñez, N.G.A., Ortiz, G.S., Valdés, R.M.P. & Vallejo, C.F.A. (2014). Selección de introducciones de *Cucurbita* por contenido de aceite en semillas. *Acta Agronómica*. 63(2):175-180. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n2.40026>
- Ordoñez, S. L., Estrada, E. J., Vanegas, M. P. (2020). “Potencial agroindustrial del epicarpio de mandarina como alternativa de colorante natural en pan”. *TecnoLógicas*, vol. 23, no. 48. <https://revistas.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/article/view/1465/1605>
- Ordoñez, S. L. E., Martínez, G. J. & Rodríguez R. D. X. (2019). Extraction of total carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) peel by means of ultrasound application and vegetable oil. *DYNA*, 86(209), 91-96. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.74840>

- Organización Mundial de la Salud. (2024). Malnutrición. *OMS*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>
- Panza, O., Lacivita, V., Tarantino, F., Manzi, A., Conte, A., Alessandro Del Nobile, M. (2023). Fruit and vegetable by-products as source of bioactive compounds to preserve handmade fresh pasta. *LWT*, Volume 190, 115584, ISSN 0023-6438.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643823011635>
- Pasukamonset, P., Pumalee, T., Sanguansuk, N., Chumyen, C., Wongvasu, P., Adisakwattana, S., & Ngamukote, S. (2018). Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of sponge cakes fortified with *Clitoria ternatea* extract. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8). <https://doi.org/10.1007/S13197-018-3204-0>
- Poláková, K., Bobková, A., Demianová, A., Bobko, M., Lidiková, J., Jurčaga, L., Belej, L., Mesárošová, A., Korčok, M., & Tóth, T. (2023). Quality Attributes and Sensory Acceptance of Different Botanical Coffee Co-Products. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(14), 2675. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10378423/>
- Pomasa, P., Sai-Ut, S., Sinthusamran, S., & Techavuthiporn, C. (2025). Valorization of banana peel by-product: An innovative component for gluten-free cookies rendered with corn flour. *Journal of Agriculture and Food Research*, 19(1), 101744.
<https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2025.101744>
- PR. Amulya, Rayees ul Islam, (2023). Optimization of enzyme-assisted extraction of anthocyanins from eggplant (*Solanum melongena* L.) peel. *Food Chemistry: X*, Volume 18, 100643, ISSN 2590-1575.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157523000858>
- Prada, M., Saraiva, M., Garrido, M., Sérgio, A., Teixeira, A., Lopes, D., Silva, D., & Rodrigues,

- D. (2022). Perceived Associations between Excessive Sugar Intake and Health Conditions. *Nutrients*, 14(3), 640. <https://doi.org/10.3390/NU14030640>
- Quitral, V., Flores, M., Plaza, K., Quezada, F. & Arce, H. (2023). Carrot peel flour as an ingredient in the preparation of cookies. *Revista chilena de nutrición*, 50(2), 226-232. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182023000200226&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Ramashia, S., Mamadisa, F., & Mashau, M. (2021). Effect of Parinari curatellifolia Peel Flour on the Nutritional, Physical and Antioxidant Properties of Biscuits. *Processes* 2021, Vol. 9, Page 1262, 9(8), 1262. <https://doi.org/10.3390/PR9081262>
- Rizkaprilisa, W., Hapsari, M. W., Paramastuti, R., Pebrianti, S. A. (2023). Improvement of Bread Nutrition with The Addition of Coffee Silverskin as a Source Of Dietary Fiber And Antioxidants. *Food ScienTech Journal* Vol. 5 (2). ISSN : 2685-4279. <http://dx.doi.org/10.33512/fsj.v5i2.20216>
- Rodríguez, R., Robert, M., Valdés, M., & Ortiz, G. (2018). Características agronómicas y calidad nutricional de los frutos y semillas de zapallo Cucurbita sp. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 10(1), 86–97. <https://doi.org/10.24188/RECIA.V10.N1.2018.636>
- Rosas, G., Hernández, Z., Suárez, M., González, O., & Rayas, P. (2021). Coffee Cherry Pulp by-Product as a Potential Fiber Source for Bread Production: A Fundamental and Empirical Rheological Approach. *Foods*, 10(4), 742. <https://doi.org/10.3390/FOODS10040742>
- Sahni, P., & Shere, D. M. (2018). Utilization of fruit and vegetable pomace as functional ingredient in bakery products: A review. *Asian J. Dairy & Food Res*, 37(3), 202–211. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1369>

- Salahuddin, M., Abdul, N., Sulaiman, A., Mohamed, I., Mohd, Z., Ariffin, S., Abdul, N., & Mohd, F. (2021). Progress in the Valorization of Fruit and Vegetable Wastes: Active Packaging, Biocomposites, By-Products, and Innovative Technologies Used for Bioactive Compound Extraction. *Polymers*, *13*(20), 3503. <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/20/3503>
- Salehi, F., & Aghajanzadeh, S. (2020). Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *95*, 162–172. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2019.11.011>
- Sanchez, A. (2021). *Tipos de frutas y verduras*. Eduteka. <https://eduteka.icesi.edu.co/proyectos.php/2/63781>
- Santos, D., Lopes, J., & Pintado, M. (2022). Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities. *LWT*, *154*(1), 112707. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821018600>
- Santos, D., Pintado, M., & Lopes, J. (2022). Potential nutritional and functional improvement of extruded breakfast cereals based on incorporation of fruit and vegetable by-products - A review. *Trends in Food Science & Technology*, *125*(1), 136–153. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2022.05.010>
- Segneanu, A., Velcirov, S., Olariu, S., Cziple, F., Damian, D., & Grozescu, I. (2017). Bioactive Molecules Profile from Natural Compounds. *Amino Acid*. <https://www.intechopen.com/chapters/55257>
- Segura, B. O. Kammar, G. A. Mosso, V. J. Ávila, S. R. Ochoa, V. C. Hernández, C. P. Navarro, C. A. (2022). Potential use of banana peel (*Musa cavendish*) as ingredient for pasta and

- bakery products. *published by Elsevier Ltd. VOLUME 8, ISSUE 10, E11044.*
[https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(22\)02332-5](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(22)02332-5)
- Sinha, N. K., Hui, Y.H., Evranuz, E. O., Siddiq, M., Ahmed, J. (2011). Handbook of Vegetables and Vegetable Processing. Wiley-Blackwell.
https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791/handbook_of_vegetables_&_vegetable_processing.pdf
- Spina, A., Brighina, S., Muccilli, S., Mazzaglia, A., Fabroni, S., Fallico, B., Rapisarda, P., & Arena, E. (2019). Wholegrain durum wheat bread fortified with citrus fibers: Evaluation of quality parameters during long storage. *Frontiers in Nutrition*, 6(13), 13–13.
<https://doi.org/10.3389/FNUT.2019.00013/PDF>
- Solomakou, N., Drosaki, A. M., Kaderides, K., Mourtzinou, L. and Goula, A. M. (2024). "Valorization of Peach By-Products: Utilizing Them as Valuable Resources in a Circular Economy Model". *Sustainability* 16, no. 3: 1289. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/3/1289>
- Sudha, M. L., Priyanka, R. (2023). Fruit and Vegetable Waste (by-Product) Utilization in Bakery Products-A Review. *Nov Tech Nutri Food Sci*. 6(5). NTNF. 000650.
<https://crimsonpublishers.com/ntnf/fulltext/NTNF.000650.php>
- Teke, N. V., Patil, K. W., Gavit, H. J. (2023). Formulation of healthy cookies incorporated with orange peel powder and Moringa oleifera leaf powder. Volume 73, Part 3. ISSN 2214-7853. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322072285>
- Ordoñez, L. (2017). Cáscaras de chontaduro, colorante natural para panes y tortas. *Agencia UNAL, ciencia y tecnología*. <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/cascaras-de-chontaduro-colorante-natural-para-panes-y-tortas>

- Ubaque, C., Orozco, L., Ortiz, S., Valdés, M., & Vallejo, F. (2015). Sustitución del maíz por harina integral de zapallo en la nutrición de pollos de engorde. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), 137–146.
<https://doi.org/10.31910/RUDCA.V18.N1.2015.462>
- Valdés, R.M.P. (2014). Capítulo 10: Recursos genéticos de zapallo *Cucurbita* sp. pp. 253-270. In: Hidalgo, H.R. and C.F.A. Vallejo (eds.). Bases para el estudio de recursos genéticos de especies cultivadas. Editorial Feriva S.A., Cali, Colombia.
- Valdés R. M.P., Londoño Hernández, L., Ortiz Grisales, S. 2023. Panificación con harinas compuestas de trigo y ahuyama (*Cucurbita moschata* Duchesne). *Temas Agrarios* 28(1): 46-55. <https://doi.org/10.21897/rta.v28i1.3198>
- Wani, K.M., Dhanya, M. (2025). Unlocking the potential of banana peel bioactives: extraction methods, benefits, and industrial applications. *Discov Food* 5, 8.
<https://doi.org/10.1007/s44187-025-00276-y>
- Weshah, S., & Al-Hafud, A. (2023). The Effect of Replacing Wheat Flour with Mango Peel Powder and Studying its Chemical and Microbial Properties in the Laboratory Cake. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1158(11).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1158/11/112005>
- Zaker, M. A., Sawate, R. A., Patil, B., Sadawarte, K. S. (2016). Studies on Effect of Orange Peel Powder Incorporation on Physical, Nutritional and Sensorial Quality of Cookies, *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY (IJERT)*. Volume 05, Issue 09. <https://www.ijert.org/studies-on-effect-of-orange-peel-powder-incorporation-on-physical-nutritional-and-sensorial-quality-of-cookies>

Zapata, W. (2021). Elaboración de productos de panadería artesanal y gourmet. Alcaldía de Medellín. *Alcaldía de Medellín/Creame Incubadora de Empresas*.

<https://ode.medellindigital.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/7.-Elaboración-de-productos-de-panadería-artesanal-y-gourmet.pdf>

Zhang, Y., Sun, Y., Zhang, H., Mai, Q., Zhang, B., Li, H., & Deng, Z. (2020). The degradation rules of anthocyanins from eggplant peel and antioxidant capacity in fortified model food system during the thermal treatments. *Food Bioscience*, 38(1), 100701.

<https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2020.100701>

Zhu, Y., Luan, Y., Zhao, Y., Liu, J., Duan, Z. and Ruan, R. (2023). "Current Technologies and Uses for Fruit and Vegetable Wastes in a Sustainable System: A Review". *Foods* 12, no. 10: 1949. <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/10/1949>