

# APROVECHAMIENTO DE LAS PROPIEDADES NUTRICIONALES Y TECNOLÓGICAS DE LA FIBRA DIETÉTICA DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE ECUADOR EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

## USE OF THE NUTRITIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF DIETARY FIBER FROM ECUADORIAN AGRO-INDUSTRIAL WASTE IN THE FOOD INDUSTRY

**Juan Serrano-León<sup>1</sup>, Gissel González-Villamarín<sup>1</sup>,  
David Salgado-Cepeda<sup>1</sup> & Christian Alcívar-León<sup>1\*</sup>**

Recibido: 1 de mayo 2023 / Aceptado: 12 de diciembre 2023  
DOI: 10.26807/ia.v12i1.270

**Palabras clave:** aprovechamiento, Ecuador, fibra dietética,  
residuos agroindustriales

**Keywords:** agro-industrial residues, dietary fiber, Ecuador, utilization

---

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Quito, Ecuador  
(jsserranol@uce.edu.ec; glgonzalez@uce.edu.ec; sithdav@gmail.com; \*correspondencia: cdalci-  
var@uce.edu.ec)

## RESUMEN

Ecuador es un país productor de materias primas, entre las cuales se encuentran los productos agrarios. Como resultado de su procesamiento se generan residuos que no se han cuantificado, mismos que afectan al medioambiente. El objetivo del presente trabajo fue investigar sobre el aprovechamiento de las propiedades nutricionales y tecnológicas de fibra dietética proveniente de residuos agroindustriales generados por la industria alimentaria en el Ecuador, con la finalidad de disminuir su impacto ambiental e impulsar el desarrollo de alimentos saludables. A través de la recopilación y organización de información digital disponible en catálogos de bibliotecas, repositorios académicos y bases de datos, como Scopus, Science Direct y Google Académico se estimó que se produjeron 508 mil TM de subproductos frutales en el país durante el 2021, los cuales poseen altas cantidades de fibra dietética y compuestos bioactivos. Se evidenció que los polvos ricos en fibra modifican la textura, coloración, capacidad antioxidante y emulsionante en productos cárnicos y de panadería, los métodos de modificación de concentrados son efectivos, el consumo de fibra dietética trae beneficios en el organismo y las propiedades tecnológicas como la capacidad de retención de agua, aceite e hinchamiento convierten a la fibra dietética en un ingrediente prometedor para la industria alimentaria. El estudio determinó que la fibra dietética obtenida a partir de cáscaras de frutas tiene potencial para ser utilizada como emulsionante, espesante, antioxidante, etc., en la elaboración de productos de pastelería, panadería y cárnicos.

## ABSTRACT

Ecuador is a country that produces raw materials, among which are agricultural products, because of their processing, waste is generated that has not been quantified, the same that affects the environment. The objective of this work was to investigate the use of the nutritional and technological properties of dietary fiber from agro-industrial waste generated by the food industry in Ecuador to reduce its environmental impact and promote the development of healthy foods. Through the collection and organization of digital information available

in library catalogues, academic repositories and databases, such as: Scopus, Science Direct and Google Scholar, and through its analysis, it was estimated that 508 thousand MT of fruit by-products were produced in the country during 2021, which have high amounts of dietary fiber and bioactive compounds, it was evidenced that the fiber-rich powders obtained modify the texture, color, antioxidant and emulsifying capacity in meat and bakery products, that the methods of modifying concentrates are effective, that the consumption of dietary fiber brings benefits to the body and that the technological properties such as the capacity to retain water, oil and swelling make dietary fiber a promising ingredient for the food industry. The study determined that the dietary fiber obtained from fruit peels has the potential to be used as an emulsifier, thickener, antioxidant, etc., in the preparation of pastry, bakery, and meat products.

## INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2018), estimó que la producción de las principales frutas tropicales en 2018 fue de 100.2 millones de toneladas, lo que representa un incremento de 3,3 % en comparación con el año 2017. Alrededor del 25 % de la producción mundial de bananos y frutas tropicales proviene de América Latina y el Caribe (FAO, 2019).

Estos frutos constituyen una importante fuente de crecimiento económico y seguridad alimentaria para

países en desarrollo y son sectores de rápido crecimiento en la agricultura, lo que también implica un aumento de residuos.

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPA) del año 2021, los principales productos agrícolas cultivados en el país son: caña de azúcar con 11 372 505 TM y banano con 6 684 916 TM. Según la Cámara de Comercio de Quito, el sector agroalimentario cuantificó ventas superiores a los USD 29 mil millones entre enero y noviembre del 2022, en la cual la in-

industria de alimentos y bebidas se posiciona como una de las más relevantes (CCQ, 2023).

Los desperdicios resultantes del procesamiento agroindustrial se han convertido en un tema de preocupación mundial por la contaminación ambiental generada y la pérdida de recursos. Según FAO (2002), los residuos de productos y agroquímicos contaminan aguas subterráneas y contribuyen con sus gases de descomposición, como el óxido nítrico a las emisiones globales.

En Ecuador no se cuantifican los residuos generados al año por producto, lo que limita la búsqueda y aplicación de técnicas acordes al tipo de residuo para su procesamiento. Veloz (2019), realizó en Quito un cálculo de residuos generados al mes en tres empresas despulpadoras, los residuos de fruta húmeda más importantes fueron: maracuyá, piña, limón y guanábana con 39 000, 16 200, 9360 y 7200 kg/año, respectivamente, siendo las frutas suaves como fresa y mora aprovechadas en su totalidad y las de alto contenido en fibra una fuente alta de desperdicios.

Según Calderón y López (2020), los desechos agroindustriales producto de la fabricación de jugos de frutas y verduras son fuente de polifenoles, fibra, terpenos, proteínas, ácidos orgánicos y grasos, etc., que corresponden a las partes no comestibles de la fruta: semillas, cáscaras, flores y raíces que representan entre 10 y 50 % del peso total de la fruta. Jiménez et al. (2019), menciona que son fuentes de compuestos bioactivos y nutraceuticos con aplicaciones como alimentos funcionales, aditivos alimentarios y en cosmética.

El aprovechamiento de fibra dietética proveniente de residuos agroindustriales del Ecuador en la industria alimentaria permitirá un manejo adecuado de desperdicios y beneficiará al sector empresarial y a los consumidores los cuales tendrán acceso a alimentos más nutritivos.

Hussain, Jõudu y Bhat (2020), afirman que una de las fuentes principales de fibra dietética son los subproductos de fruta, razón por la cual se consideró a la cáscara de este grupo alimentario para el presente estudio y también para profundizar el conocimiento de concentrados de

fibra dietética con base en estos sub-productos, ya que no hay suficientes trabajos enfocados en este ámbito.

La definición de fibra dietética ha cambiado desde 1953, cuando Hipsley la identificó como un compuesto no digerible de paredes celulares vegetales; en el 2009 el Codex Alimentarius, con la finalidad de organizar las definiciones, la denominó como “polímeros de hidratos de carbono de tres o más unidades monoméricas, que no son digeridos ni absorbidos en el intestino delgado humano” (Codex, 2009), dentro de los cuales se consideran los polímeros que se encuentran en forma natural, obtenidos por medios físicos, químicos o enzimáticos y sintéticos, teniendo en cuenta que todos deben ser comestibles y contar con estudios que demuestren los efectos fisiológicos beneficiosos en el organismo.

Las características físicas y químicas le otorgan a la fibra dietética propiedades tecnológicas y su consumo provoca efectos buenos para la salud. Un estudio reveló que se redujo el riesgo de desarrollar diabetes tipo dos y enfermedades cardiovasculares debido a la absorción de grasa en el

intestino (Almeida et al., 2014). Su función central es facilitar el tránsito intestinal en la digestión (Badui, 2006). La incorporación de fibras dietéticas en alimentos también tiene fines tecnológicos como: incrementar la capacidad de retención de agua y emulsificación, cambiar la textura y estabilidad de alimentos (Mayorga, 2013). Por su gran capacidad de retención de agua, estabilidad de congelación y descongelación, se añaden a alimentos de panadería, salsas, lácteos, carnes, comidas congeladas y demás (Fiberstar, 2021), también se ha evaluado sus características antioxidantes y viscosidad (Elleuch et al., 2011). Es importante conocer las características de los concentrados de fibra dietética para determinar las posibles aplicaciones tecnológicas en los alimentos y las ventajas de su consumo.

La fibra dietética de subproductos de fruta se puede aprovechar de dos formas en la industria alimentaria: como concentrados de fibra dietética o extractos de fibra (García, Tejada, Serna, et al., 2018).

El manejo adecuado de residuos agroindustriales favorecerá al desa-

rollo de nuevos productos que satisfagan los requerimientos de fibra de la población. Al ser un producto en polvo los concentrados se aplican más en productos de panadería, embutidos y productos lácteos. Según García et al. (2018), esto se debe a la fácil incorporación de la fibra en la masa de estos productos y también porque los consumidores los perciben como altos en calorías, lo mismo ocurre con las pastas y snacks que son alimentos de alto índice glucémico y de alto consumo por lo que la aplicación de concentrados de fibra en estos alimentos es una alternativa más saludable.

Investigaciones han demostrado algunas aplicaciones en alimentos como fuente de fibra. El estudio de Santana et al. (2018), evidenció el aumento de proteína y fibra dietética en galletas con cascarilla de cacao, que duplicó y triplicó respectivamente su concentración inicial y aumentó la capacidad antioxidante, mientras que Zaini et al. (2019), reportó el aumento del rendimiento de cocción, dureza, retención de agua y enrojecimiento en salchichas. La fibra puede afectar las propiedades reológicas de la masa y aumentar su

contenido nutricional (Gddoa y Salih, 2018), mejorar la retención de agua en productos cárnicos y estabilidad de emulsionante (Chasoy y Cock, 2017), entre otros efectos, lo que hace de la fibra dietética un ingrediente valioso para el desarrollo de productos más saludables con alto contenido en fibra.

Para permitir el manejo de la fibra dietética obtenida de residuos agroindustriales como ingrediente en el desarrollo de productos, es fundamental conocer los desechos de producción con mayor impacto en el Ecuador, los procesos de obtención más aplicados, algunos factores que influyen en sus características y las aplicaciones de sus propiedades nutricionales y tecnológicas en productos alimentarios. En Ecuador existen pocos estudios relacionados con la aplicación de fibras dietéticas en alimentos, por lo que es necesario examinar trabajos realizados en otros países que aprovechen los principales residuos frutales del Ecuador con el objetivo de informar y conocer los beneficios de los desechos que no se utilizan en el país y potenciar su estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de información en fuentes primarias, secundarias y terciarias como: libros y capítulos de libros, artículos de revistas científicas, revisiones, tesis, monografías, etc. localizados en catálogos de bibliotecas como: E-libro y Digitalia que contienen un amplio inventario clasificado por áreas de estudio y autor, bases de datos reconocidas como: Scopus, Science Direct y navegadores como: Refseek y Google Académico que permiten una búsqueda de información avanzada con operadores booleanos y filtros, lo que facilita la selección de documentos, además poseen información de revistas científicas destacadas como Elsevier, Nature, Science, CDC, etc. Se empleó la herramienta Sci-Hub que permite el acceso a publicaciones científicas y también repositorios académicos, páginas institucionales y portales en idioma español como Dialnet y Scielo. Los datos obtenidos de todas las fuentes antes mencionadas se evaluaron con los siguientes criterios de selección:

A las investigaciones más actualizadas se les dio mayor importancia en

la selección, en especial para los artículos científicos con fecha límite de 10 años para ser tomados en cuenta en el estudio.

El grado de relevancia del origen de las fuentes de información fue: catálogos de bibliotecas en primera instancia, seguido del uso de bases de datos y páginas de internet, siendo esta última empleada en el caso de no haber suficiente información sobre el tema. La información de sitios web se evaluó con los siguientes criterios:

- Autor: destacado o relacionado con el área de estudio.
- Datos: relevantes, exactos, objetivos y actualizados.
- Alcance: acorde a la investigación.

Se utilizó la búsqueda avanzada en las bases de datos mediante operadores booleanos como "+", "-", "AND", "OR", "NOT" y filtros según el año, autor, residuo, documentos relacionados, etcétera, según los requerimientos de la investigación.

Entre las palabras clave empleadas

para la búsqueda de información constaron: “fibra dietética” “concentrado” “residuos” “fruta” y ecuaciones de búsqueda compuestas como: (dietary fiber) AND (concentrated OR flour OR powder) (by-product OR residue OR waste OR peel) AND (banana) entre otras similares en inglés y español de acuerdo con el sitio de búsqueda.

Durante la primera revisión se descartaron 80 estudios de frutas no vinculadas a la investigación o procesos ajenos a la producción de concentrados de fibra dietética. La mayor parte de estudios analizados se encuentra entre los años 2015 hasta el año 2021 como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Estudios analizados según año de publicación

## RESULTADOS

### Estimación de residuos

Se aplicó la fórmula de Riera et al. (2018) para la estimación de residuos frutales del Ecuador, año 2019:

$$AR = AAP \times IP \times RGR \times (1 - CU) \quad (1)$$

$$IP = \frac{(AAP + CI) - (CL + CE)}{(AAP + CI)} \quad (2)$$

Donde: (AAP) es la producción anual promedio, (IP) la producción asignada al procesamiento industrial, (RGR) la tasa de generación de residuos, (CU) los usos competitivos, (CL) el consumo local, (CI) cantidad importada y (CE) la exportada. A continuación, se presentan los datos empleados para el cálculo.

La Tabla 1 presenta los valores de CL que se obtuvieron multiplicando el consumo per cápita por la cantidad de habitantes del 2019, según INEC (2019) para julio de ese año fue de 17 283 338 habitantes. En el caso del mango se consideró que el 30 % de la producción total es de consumo local (Farinango Gonza, 2018) por ausencia del valor per cápita y en el caso de la naranja que el consumo de esta fruta es de 6 kg por persona en los países en vías de desarrollo (Peralta, 2020).

**Tabla 1. Datos de consumo local de frutas**

Producto	Consumo per cápita kg/año	CL (TM)
Banano	7,81 (Riera et al., 2018)	135 113
Plátano	12 (Proecuador, 2018)	207 600
Cacao, en grano	0,3 Asociación Nacional de Exportadores de Cacao, 2019)	5190
Naranja	6 (Peralta, 2020)	103 800
Mango	—	31 676
Maracuyá	0,55 (Romero, 2019)	9515

La Tabla 2 muestra los datos de RPR obtenidos de diversos autores, considerando que estos valores son muy amplios entre frutas incluso dentro de la misma variedad (Akinbomi et al., 2014). El RPR del maracuyá corresponde al porcentaje de cáscara del fruto reportado por (Rentería, 2014) ya que no se encontró el valor para esta fruta.

**Tabla 2. Valores RPR de residuos de frutas**

Producto	RPR	Residuo	Fuente
Banano	0,25	Cáscara, pinzote, médula	(Riera et al., 2018)
Plátano	0,5	Cáscara	(Präger et al., 2019)
Cacao en grano	1	Grano y mazorca	(Akinbomi et al., 2014)
Naranja	1,5 – 2,5	Cáscara	(Riera et al., 2018)
Mango	0,07	Residuo	(Cardoso et al., 2018)
Maracuyá	0,5	Cáscara	(Rentería, 2014)

**Nota:** los valores RPR son iguales a RGR en la fórmula

El valor de CE reportado en la Tabla 3 se obtuvo restando el porcentaje de participación agraria adicional a las exportaciones para que coincida con los datos de producción registrados y evitar la generación de valores negativos en el cálculo de residuos.

**Tabla 3. Cantidad importada y exportada de las principales frutas del Ecuador**

Producto	AAP	IP	RGR	Residuos (TM)
Banano	6 583 477	0,45	0,25	371 907
Plátano	749 450	0,03	0,5	83 095
Cacao	283 680	0,08	1	12 011
Naranja	133 688	0,03	2	37 289
Mango	105 585	0,18	0,07	676
Maracuyá	28 729	0,26	0,5	2953

Los datos presentados en la Tabla 4 de AAP, fueron obtenidos de las cifras agro-productivas del portal del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2021a), mientras que la cantidad exportada total (CET) y CI de la Tabla 3 de la misma plataforma, pero de los datos de comercio exterior (MAG, 2021), para el año más actualizado que contenía todos los valores requeridos para la estimación, el cual fue el año 2019. Todas las cifras de las tablas están expresadas en toneladas métricas.

El aprovechamiento aproximado del residuo es del 50 % al 75 % en fruta según datos de Cardoso et al. (2018), razón por la cual se aplicó el CU al 50 % en todos los casos. La Tabla 4 muestra que la cantidad aproximada de residuos de fruta generados en el país es de 508 miles de TM aproximadamente siendo los principales residuos los de banano, plátano, cacao y naranja, por lo que es importante crear estrategias que permitan el aprovechamiento de estas materias primas.

**Tabla 4. Estimación de residuos agroindustriales de fruta en el Ecuador**

Producto	CI	CET	Participación agropecuaria adicional (%)	CE
Banano	0	6 757 025	48,6	3 473 111
Plátano	0	213 529	1,9	209 472
Cacao	9217	297 067	11,5	262 904
Naranja	10327	45	0	45
Mango	2	54 977	0,68	54 603
Maracuyá	1	7433	0,39	7404

La producción anual de sandía, papaya y piña también es elevada según FAOSTAT (2018) las cifras de producción de cada una son 84 239, 49 981 y 46 348 toneladas anuales respectivamente, pero no existen datos sobre la importación y exportación de estas frutas en el MAG con los cuales se podría realizar un análisis de datos.

### Contenido de fibra dietética en cáscaras de frutas del país

Es importante conocer la cantidad de fibra dietética de los residuos agroindustriales de fruta para crear alternativas para su aprovechamiento, en la Tabla 5 se muestra el contenido de fibra dietética total (FDT), fibra dietética soluble (FDS) e insoluble (FDI) de las frutas con mayor producción en el Ecuador, las más utilizadas para la elaboración de jugos y bebidas de fruta.

**Tabla 5. Contenido de fibra dietética de cáscara de frutas del Ecuador**

Especie	Fruta	FDT	FDS	FDI	Fuente
Cavendish	Banana 7	52,11	11,59	40,52	(Arumugam y Manikandan, 2011)
Musa AAA	Banano 1	49,9	1,4	36,3	(Emaga et al., 2011)
	Banano 5	51,9	23,0	39,9	
	Banano 7	47,9	33,2	35,2	
Musa AAB	Plátano 1	35,9	6,2	29,7	(Emaga et al., 2011)
	Plátano 5	35,7	5,3	30,4	
	Plátano 7	37,3	38,3	31,3	
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao	50,4	11,7	51,9	(K. Nieto et al., 2020)
	Vaina	18,3	11,0	48,0	
	Pulpa	16,75	16,06	0,69	
<i>Citrus sinensis</i> L.	Naranja	50,81	3,72	47,09	(Tejada, García, Serna, y Welti, 2017)
<i>Mangifera indica</i> L. cv Ataulfo	Mango	40,51	15,16	25,35	(Tejada, García, Serna, y Welti, 2017)

Alphonse	Mango	73,04	19,45	53,59	(Arumugam y Manikandan, 2011)
<i>Ananas comosus</i> L. Merr	Piña	42,2	5,90	36,3	(Huang et al., 2011)
<i>Citrullus lanatus</i>	Sandía	47,48	15,03	32,45	(Saikia y Lata, 2016)
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarina	37,82	9,23	28,57	(Saikia y Lata, 2016)
<i>Citrus aurantifolia</i> var.	Limón	95,61	38,60	57,01	(Méndez et al., 2011)
Formosa	Papaya	45,23	1,87	30,34	(Crizel et al., 2016)
<i>Psidium guajava</i> L. cv. Red	Guayaba - concentrado	69,1	11,1	57,7	(Ruth Martínez et al., 2012)
<i>Cyphomandra</i> <i>betacea</i>	Pulpa de tomate de árbol	4,10	1,89	2,21	(Torres, 2012)
<i>Malus domestica</i>	Manzana	7,48	2,4	5,08	(Henríquez et al., 2020)
<i>Averrhoa</i> <i>carambola</i> L.	Carambola	60,17	46,32	13,84	(Saikia y Lata, 2016)
<i>Opuntia ficus</i> <i>indica</i> cv. Verde Villanueva	Tuna	41,03	8,48	32,55	(Tejada, García, Serna y Welti, 2017)
<i>Hylocereus</i> <i>polyrhizus</i>	Pitajaya	69,30	14,82	59,50	(Jamilah et al., 2011)
<i>Ficus carica</i> L.	Higos secos	12,21	3,47	8,74	(Caliskan, 2015)

**Nota:** para plátano y banano el estado de maduración está indicado por grados 1: verde, 5 verde amarillo y 7 amarillo o maduro. Elaborado con base en estudios de cada autor.

### Tecnologías aplicadas para el aprovechamiento de fibra dietética de cáscaras de frutas

Los procesos de elaboración y

obtención de extractos son los más aplicados para el aprovechamiento de fibra dietética. En la investigación se estudió a los concentrados de fibra por ser los más aplicados para las

principales frutas generadoras de residuos.

Un concentrado de fibra dietética según García et al. (2018) es “un producto cuyo componente principal es DF (> 50 % wm), no excluye la presencia de otros componentes, tales como carbohidratos digeribles, proteínas, lípidos, minerales y una pequeña cantidad de agua (< 10 %

wm)”, el cual puede agregarse a un alimento para aumentar su contenido en fibra y mejorar sus características.

### Elaboración de un concentrado de fibra dietética

En la Figura 2, se resume el proceso de elaboración de un concentrado de fibra dietética (García-Amezquita et al., 2018).

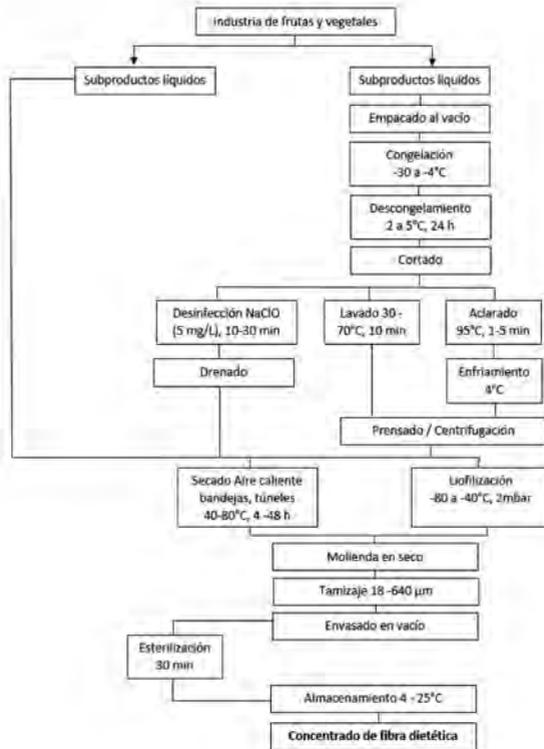


Figura 2. Proceso de elaboración de un concentrado de fibra dietética

## **Embalaje, congelado y descongelación**

En todos los estudios analizados se procesó el subproducto el mismo día de su generación, a excepción de Crizel et al. (2013) que mantuvo las cáscaras a 18 °C para procesarlas una semana después y no reportó ningún cambio en el concentrado por agregar este paso al tratamiento.

## **Cortado**

En general no existe diferencia significativa en su aplicación, los estudios no especifican el instrumento de corte, pero algunas de las dimensiones usadas en banano fueron 2 mm de espesor (Khadijah et al., 2018) y 2×4 cm (Zaini et al., 2020) y 0,5-1 cm (Talens et al., 2017). La cáscara de fruta que se cortó más fue la del banano, no se encontraron suficientes estudios que realicen este paso para las otras frutas.

## **Lavado y uso de soluciones**

La mayoría de los estudios realizan lavados de cáscara y aplica soluciones desinfectantes o ácida antes de su procesamiento, pero en los es-

tudios realizados por (Agama et al., 2015) y (Santana et al., 2018) no se reportó ninguno de estos pasos. En el 62 % de los estudios de procesamiento de banano se utilizaron soluciones ácidas, por ser frutos climáticos para reducir el pardeamiento. Salih et al. (2017) empleó una solución de limón para reducir el pardeamiento enzimático.

Azam et al. (2020), empleó limpieza asistida por ultrasonido empleando ondas de sonido con frecuencias de entre 20 kHz a 20 MHz, demostró que este método es capaz de eliminar la suciedad, los pesticidas y los residuos de fertilizantes.

Nazemi, Khodadadi y Heshmati (2016) sumergió por 30 minutos en una solución de bicarbonato de sodio al 3 % a tomates que fueron tratados con dicloros, se logró una disminución del 93 % de residuos de este pesticida.

## **Escaldado y escurrido**

El 83 % de los estudios no aplica escaldado y el 79 % no aplica escurrido. El procesamiento de naranja es el único que utiliza el escaldado para

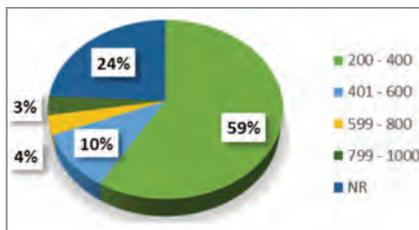
suavizar la cáscara, según García et al. (2018) este paso también representa una pérdida de fibra soluble, ácido ascórbico y flavonoides si se usan temperaturas superiores a los 90°C.

### Secado

La mayoría de los procesos experimentales e industriales utilizan el secado por aire caliente en comparación con el secado por congelación. La temperatura de secado más aplicada estuvo entre 41-60 °C. De los estudios analizados (Chasoy y Cock, 2017) fue el único que utilizó el método de liofilización.

### Molienda y tamizado

El tamaño de partícula es variable según el subproducto, los tamaños de partícula preferidos en la fabricación de concentrados son finos (Figura 3). García et al. (2018) sostiene que el tamaño depende de la aplicación que tenga el polvo obtenido y menciona que por lo general se utilizan tamaños inferiores a 425 µm, lo que concuerda con los estudios analizados.



**Figura 3. Tamaño de partícula de los concentrados de fibra de cáscaras de fruta**

### Almacenamiento

En la mayoría de los casos se prefiere el uso de materiales plásticos y una temperatura de almacenamiento igual o menor a la ambiental y lugares frescos, en algunos casos se utilizaron recipientes oscuros como en el estudio de Eshak (2016), mientras que en León Gonzáles y Santos Villegas (2020) se recomienda guardar la fibra en bolsas de polietileno impermeables y resistentes a temperatura ambiente en un lugar

### Modificación de concentrados de fibra dietética

El proceso consiste en cambiar la relación de fibra dietética soluble e insoluble mediante la aplicación de tecnologías con la finalidad de mejorar la funcionalidad tecnológica y

nutracéutica de la fibra (L. García, Tejada, Serna, et al., 2018). Las técnicas conocidas y su clasificación se muestran en la Tabla 6.

En los estudios de modificación por tratamiento térmico y alta presión con temperatura se evidencia un aumento de FDS y solubilidad mientras que por extrusión existe un aumento de WHC y OHC. La modificación conlleva cambios en la estructura y propiedades de la fibra. Huang y Ma (2016), menciona que el aumento de hinchamiento se relaciona a cambios tridimensionales y OHC con propiedades de superficie, carga e hidrofobicidad, al contrario L. García et al. (2019), sostiene que OHC se relaciona más con la porosidad de la fibra que con sus características lipolíticas, por lo que el tamaño de partícula es fundamental.

Los tratamientos térmicos no cambiaron WHC, esto puede deberse a que los grupos hidroxilo libres que adsorben agua no sufren cambios bruscos, mientras que SP varía porque la matriz hidrófila que absorbe agua se modifica (Benítez et al., 2011). Por otro lado, Tejada, García, Serna, Martín, et al. (2017), sostienen que la es-

tructura influye más que la composición química en WHC y que los cambios en la fibra se deben a la reducción de FDI y no al aumento de FDS.

El método de extrusión fue el más empleado en las investigaciones analizadas, aunque L. García et al. (2019) menciona que esta técnica es muy usada para cambiar la composición de salvado de cereales, pero falta explorar su empleo en desechos frutales. Todos los tratamientos demostraron ser efectivos para la transformación de FDI a FDS, la fracción máxima reportada fue de 6,8:1 a 1:1 en cáscara de frutas, de lo que convierte a estos métodos en alternativas que mejoran la funcionalidad de la fibra para su aplicación en productos alimentarios.

Se observan que los cambios estructurales y de tamaño de partícula se relacionan principalmente con el incremento de WHC y de solubilidad lo facilita su incorporación en productos líquidos (J. Nieto et al., 2018), mientras que la disminución de FDI afectó la capacidad de hinchamiento y retención de aceite que hace a la fibra buena para su incorporación en productos fritos (Huang y Ma, 2016).

**Tabla 6. Métodos de modificación de concentrado de fibra dietética**

Método	Materiales	Parámetros	Fundamento	Efectos
<b>Degradación mecánica</b>				
Extrusión	Extrusor de doble tornillo o por granallado	Temperatura °C, humedad % velocidad de tornillo rpm, cilazamiento	La humedad interna del material se gasifica y se extiende	Cambia estructura espacial inter e intramolecular, forma estado poroso
Térmicos	Esterilizador Agua a altas temperaturas	Mayor degradación a temperaturas superiores a 100 °C	Modificación por escaldado e hidrólisis, convierte pectina estructural a pectina soluble	Dependen de la asociación de polisacáridos la pared celular, libera compuestos lábiles
Alta presión	Microfluidizador presiones de hasta 300 MPa Cámara de alta presión	Presión MPa Temperatura °C tiempo	El material pasa brevemente por alta presión y es ultramicropolvorado.	Transforma polímeros, compuestos por galactosa, ácidos urónicos y arabinosa. Porosidad
Ultra alta presión	Cámara de ultrapresión		Ultra alta presión en tiempo determinado	Mejora propiedades químicas y fisiológicas
<b>Químico</b>				
Soluciones	Reactivos químicos como ácidos y álcalis	Cantidad de reactivos, temperatura y tiempo de reacción	Aplicación de materiales ácidos y alcalinos	Características fisiológicas mejoradas
Carboximetilación			Modificar la fibra dietética	Reactivos pueden dañar la estructura, reduciendo la conversión
<b>Fermentación</b>				
Enzimática	Xilanas, celulosa y lignina oxidada	Condiciones de reacción, tiempo, concentración, etc.	Enzimas degradan fibra, utilizan condiciones suaves, fuerte especificidad	Poca destrucción de la composición y estructura de la fibra,
Microbiana	Ácidos y enzimas producidas por bacterias		Reduce el peso molecular y mejora solubilidad	Los microorganismos degradan la fibra
Mixtos	químico-enzimáticos, ultrasónicos-enzimáticos, microondas-enzimáticos			
Nuevas tecnologías	ultrasonidos y radiación de microondas			

## **Propiedades de los concentrados de fibra dietética**

La fibra baja las calorías al ser adicionada en alimentos y su consumo mejora la digestión. Los residuos agroindustriales de fruta son ricos en fibra y poseen compuestos bioactivos reconocidos por su capacidad antioxidante (Vivar et al., 2018). La fibra dietética es utilizada en el área nutricional para el mantenimiento de la salud y en el desarrollo de productos alimenticios para su implementación en dietas.

La funcionalidad de la fibra está íntimamente relacionada con su composición y estructura como se mencionó anteriormente, es importante destacar que las propiedades tecnológicas y fisiológicas se manifiestan de forma simultánea y no aislada, debido a que la fibra en el producto alimentario modifica sus características

y al mismo tiempo su consumo trae consigo cambios positivos en la salud.

## **Propiedades nutricionales**

Los alimentos ricos en fibra aumentan el tiempo de masticación, forman soluciones viscosas, retienen moléculas de glucosa y grasa, absorben agua durante su digestión y tienen comportamiento prebiótico lo que desencadena una serie de efectos beneficiosos para el organismo como se observa en la Figura 4, del mismo modo los productos con adición de fibra tendrán iguales beneficios y además bajarán su densidad energética. Los concentrados de fibra dietética de fruta tienen los dos tipos de fibra en diferente proporción por lo que su consumo produce los efectos funcionales vinculados a cada fibra.



Figura 4. Efectos de la fibra dietética en la salud

Las Tablas 7 y 8 muestran la composición proximal y el contenido en fibra de los concentrados de fibra dietética de cáscara de fruta de los estudios recopilados y los factores que influyeron en los resultados hallados para las principales frutas generadoras de residuos en el país: banana, plátano, cacao y naranja a partir de las investigaciones examinadas en los artículos de investigación.

Los concentrados también poseen una alta cantidad de fibra dietética total, entre 35 a 65 % como se muestra en la Tabla 8, donde la funcionalidad depende de las fracciones de ambos tipos de fibra, generalmente las fracciones altas en fibra dietética soluble (FDS) tienen beneficios en la salud como la reducción del colesterol sérico y disminución del riesgo de cáncer de colon (Khadijah et al., 2018) y la fracción insoluble como se explicó en la sección de efectos en la salud.

**Tabla 7. Composición química de concentrados de fibra dietética de cáscaras de fruta**

Descripción	H (%)	C (%)	G (%)	P (%)	CH (%)	Factores que influyen	Fuente
<i>Musa spp.</i>							
Nangka ( <i>Musa</i> AAB)	6,7	12,5	7,5	8,7	64,6	Maduración: cambia % cenizas; área y tipo de cultivo el % de grasa	(Khadijah et al., 2018)
Tanduk ( <i>Musa</i> AAB)	6,9	11,5	4,6	8,6	68,4		
Berangan ( <i>Musa</i> AA)	7,3	11,5	3,9	8,6	68,6		
Rastali ( <i>Musa</i> AAB)	4,7	9,4	4,8	8,5	72,8		
<i>Musa</i> sp (V)	11,1	4,4	—	—	—	Cáscara, pulpa o mezclas	(Yangilar, 2015)
<i>Musa balbisiana</i> (M)	11,1	9	7,1	4,9	—	Variedad de fruta	(Zaini et al., 2020)
<i>Musa balbisiana</i>	2,2	2,3	9,0	7,5	70	Parte del fruto: cáscara, pulpa	(Naciuk et al., 2017)
<i>Musa paradisiaca</i> L (V)	5,8	1,3	5,0	10,3	—	Fruta y lugar de plantación: lípidos, maduración: baja almidón	(Agama et al., 2015)
<i>Cacao (Theobroma cacao)</i>							
Mazorca Cone	6,5	8,4	2,3	4,2	29,0	Las localidades no influyen en la composición.	(R Martínez et al., 2012)
Cáscara Taura	6,7	8,3	2,2	4,2	28,7		
Mazorca Cone	7,7	7,4	2,0	15,9	17,8		
Cáscara Taura	7,8	6,8	2,1	15,8	23,2		
Cáscara	5,7	7,8	4,8	19,2	68,1	Tipo de cacao y tratamiento	(Santana et al., 2018)
<i>Naranja (Citrus sinensis)</i>							
Cáscara	3,5	6,7	2	2,7	—	—	(Raj y Masih, 2014)
Cáscara HA	9,4	3,3	2,7	6,8	78,7	El tratamiento de secado no afecta a la composición química	(Talens et al., 2017)
Cáscara HA + MW	9,8	3,4	2,1	6,8	77,9		
Albedo	7,7	1,0	—	6,6	—	En las mismas condiciones de secado la humedad depende del fruto	(Göksel y Dogan, 2016)
Cáscara	8,9	0,7	—	3,3	—		
Piel, bagazo, semilla y cáscara	7,9	2,9	1,9	8,9	86,3	Añadir el bagazo y semillas a la cáscara aumenta la humedad y proteína	(Crizel et al., 2013)
Cáscara	7,1	3,03	1,81	8,5	86,7		

**Nota:** (V) verde, (M) maduro, HA: secado en horno de aire, MW: microondas. H%: humedad, C%: ceniza, G%: grasa, P%: proteína, CH%: carbohidratos

**Tabla 8. Contenido en fibra de los concentrados de fibra dietética de cáscara de fruta**

Descripción	FDT (%)	FDS (%)	FDI (%)	FDI/FDS	Observaciones	Fuente
<i>Musa spp.</i>						
Nangka ( <i>Musa AAB</i> )	31,8	0,2	31,5	157,5	El consumo de ambas fibras trae consigo beneficios fisiológicos	(Khadijah et al., 2018)
Tanduk ( <i>Musa AAB</i> )	33,4	1,1	32,3	29,4		
Berangan ( <i>Musa AA</i> )	37,6	0,2	37,4	187,0		
Rastali ( <i>Musa AAB</i> )	31,8	0,2	31,5	157,5		
<i>Musa sp</i> (V)	66,8	8,2	58,6	7,1	FDI ligeramente alta es buena para productos dietéticos	(Yangilar, 2015)
<i>Musa paradisiaca</i> L (V)	37,6	0,7	30,3	43,3	% fibra depende del cultivar y maduración.	(Agama et al., 2015)
<i>Cacao (Theobroma cacao)</i>						
Mazorca Cone	56,0	2,9	53,1	18,3	FDT no cambia con el lugar de cultivo, alta celulosa y hemicelulosa en residuos	(R Martínez et al., 2012)
Cáscara Taura	56,1	4,1	52,0	12,7		
Mazorca Cone	56,7	14,5	42,2	2,9		
Cáscara Taura	51,9	16,2	35,6	2,2		
Cáscara	52,2	—	—	—	FD superior al 50 %, importante para enriquecer alimentos	(Santana et al., 2018)
<i>Naranja (Citrus sinensis)</i>						
Cáscara HA	61,0	30,0	31,0	1,0	Relación 1:1, buena solubilidad	(Talens et al., 2017)
Cáscara HA + MW	59,0	28,3	31,0	1,1	% Fibra no cambió según la variedad o maduración	(Crizel et al., 2013)
Piel, bagazo, semilla y cáscara	63,6	17,4	46,2	2,7		
Cáscara	63,7	15,6	48,2	3,1		

**Nota:** (V) verde; HA secado en horno de aire caliente, MW microondas, fibra dietética total (FDT%), fibra dietética soluble (FDS%) e fibra dietética insoluble (FDI%)

## Propiedades tecnológicas

La industria, con el objetivo de aprovechar el potencial tecnológico de la fibra, ha estudiado las cualidades de la fibra dietética como parámetro de funcionalidad en los análisis de concentrados. A continuación, en la

Tabla 9, se presentan las propiedades más importantes que pudieran presentar los residuos agroindustriales, las mismas que han sido catalogadas de acuerdo con su funcionalidad sobre cierto tipo de propiedades químicas y biológicas.

**Tabla 9. Propiedades tecnológicas de los concentrados de fibra**

Propiedad	Siglas	Definición	Unidad	Importancia	Fuente
Capacidad de retención de agua	WHC	La máxima cantidad de agua absorbida por gramo de material en exceso de agua y la aplicación de una fuerza patrón	%	Valor elevado: estabiliza alimentos de base acuosa durante la producción, distribución y almacenamiento. Evita sinéresis, modifica viscosidad y textura	(Alarcón et al., 2013), (J. Nieto et al., 2018) (Crizel et al., 2013)
Capacidad de retención de aceite	OHC	"cantidad de aceite retenido por las fibras después de mezclar, incubar con aceite y centrifugar"	%	Valor elevado: estabiliza emulsiones de alimentos con alta grasa, previene pérdida de grasa en cocción, retiene sabor. Valores bajos: bueno para productos fritos, baja sensación aceitosa	(Elleuch et al., 2011), (Huang y Ma, 2016) (Crizel et al., 2013)
Capacidad de hinchamiento	SP	Representa la diferencia de volumen generada al sumergir la fibra en agua. Indicador de celulosa.	%	El hinchamiento y la viscosidad de empastado son proporcionales lo que es bueno para los productos que requieren de estas características	(Tejada et al., 2015), (Khadajah et al., 2018)
Contenido de polifenoles totales	—	Cantidad de polifenoles en una muestra, cambia según la especie vegetal, madurez, parte de la planta, etc.	*mg GAE/g	Efectos antioxidantes, prevención del estrés oxidativo, otorga propiedades sensoriales de color, sabor y aroma	(E. García et al., 2015)
Fraciones de fibra dietética soluble, insoluble y total	FDS FDI FDT	Cantidad de fibra soluble e insoluble, caracteriza a la fibra como ingrediente alimentario	—	Las propiedades tecnológicas o fisiológicas de FDS o FDI se manifiestan según la cantidad de cada fibra, ambas se complementan.	(Crizel et al., 2013)

## Otras propiedades

- Capacidad de absorción de agua y aceite. - hace referencia a la máxima cantidad de agua o aceite que es absorbido por gramo con exceso de agua y una fuerza patrón. Según Tejada et al. (2016) se relaciona con la estructura, hidrofilia, carga y densidad aparente (J. Nieto et al., 2018).
- Fermentabilidad. - es la degradación de la fibra por la actividad bacteriana en moléculas de menor peso molecular que al ser descompuestas generan metano, CO<sub>2</sub> y ácidos grasos de cadena corta como acético, propiónico y butírico (Saldaña et al., 2020), los cuales se miden para su determinación.
- Viscosidad. - resistencia al flujo generada por la fibra. Proporcional a la concentración, temperatura (Elleuch et al., 2011), longitud de cadena y peso molecular, puede afectarse por pH y esfuerzo de corte (Vilcanqui y Vílchez, 2017).
- Solubilidad. - representa la fracción que se disuelve en determinadas condiciones (Crizel et al., 2013), la presencia de grupos COOH o SO<sub>2</sub>,

temperatura y fuerza iónica aumentan esta capacidad (Elleuch et al., 2011), las matrices más estables como la celulosa son más insolubles (Vilcanqui y Vílchez, 2017).

- Capacidad antioxidante. - es la facultad que tiene una sustancia de reducir especies reactivas de oxígeno antes de su interacción con moléculas sensibles a la oxidación como lípidos (Rojas, 2012).
- Temperatura de vidrio. - valores más altos mejoran la estabilidad termodinámica de alimentos porque conserva el estado vítreo (J. Nieto et al., 2017), los alimentos vítreos tienen una cinética de deterioro más baja. Disminuye con el bajo contenido de celulosa, ácido urónico, humedad y presencia de azúcar (J. Nieto et al., 2018).
- Capacidad de absorción de proteínas. - evalúa la interacción entre la proteína y fibra dietética, utiliza el método de Bradford (He et al., 2021).

La industria alimentaria ha estudiado estos elementos como parámetro de funcionalidad para el análisis de concentrados de fibra dietética; estas ca-

racterísticas han permitido su aplicación como sustituto de grasa, gelificante, formador de estructuras, etc. (O'Shea et al., 2012), la han convertido en un ingrediente prometedor en la creación de productos más saludables y con mejores cualidades sensoriales.

### **Aplicaciones en la industria de alimentos**

Los concentrados de fibra se aplican en la harina en diferentes proporciones por su presentación en polvo. Es importante conocer la cantidad requerida por producto para evitar modificaciones que afecten la calidad. En la Tabla 8 se muestran los efectos de la aplicación de fibra en productos de panadería y cárnicos, principalmente en salchichas. La mayoría de los estudios utilizaron cantidades pequeñas de fibra, las cuales tuvieron buena aceptación.

Los concentrados de fibra también tienen propiedades adicionales, Natsion et al. (2012) señala que la cáscara de banana tiene propiedades antibacterianas, pero estas no influyen en la vida útil al estar en baja concentración; en alimentos no apli-

can cantidades altas porque afectan la calidad del producto, por lo que se deben usar otras alternativas para mejorar la conservación como aditivos en la cantidad reglamentaria. Handojo et al. (2019) por su parte determinó que no hay diferencias organolépticas del concentrado de fibra de cacao con polvos de fibra de trigo y avena, el diámetro medio de partícula es similar, solo cambia su coloración, lo que lo hacen un producto con alto interés para el mercado y de uso industrial al ser similar a los productos a base de cereales que se usan en panadería y cárnicos.

Las propiedades estudiadas de la fibra dietética obtenida a partir de cáscara de fruta, tienen potencial para ser utilizadas en la industria alimentaria como emulsionante, espesante, antioxidante, etc., dirigidos a la pastelería, panadería y cárnicos como se observó en la Tabla 10 al tener efectos positivos en los alimentos, mejorar la calidad en textura, sabor, color y disminuir las calorías de estos productos, los cuales son considerados de alta densidad energética haciéndolos más saludables al público.

**Tabla 10. Aplicación de concentrados de fibra dietética en productos alimentarios**

Fruta	% Utilizado	Efectos	Fuente
<b>Pan</b>			
Plátano	1, 5, 10	Reduce % proteína y gluten. Mejor reología, crecimiento de levadura, consistencia, absorción de agua y el tiempo de desarrollo	(Gddoa y Salih, 2018)
Banano	7	Tamaño de poro menor, aumento de fibra y contenido fenólico, inhibición de peroxidación lipídica, dificulta desarrollo de gluten	(Nasution et al., 2012)
Banano	5, 10* F: 2,18	Buena masticación, redondez, apariencia y aceptabilidad. Moderado sabor, textura, aroma, color y miga. Sube retención de agua	(Eshak, 2016)
Cacao	5*, 10, 15, 20	Corteza y miga más oscura. Mayor % de fibra, pan denso y duro, alta absorción impide la expansión del gas y retiene humedad	(Amir et al., 2013)
Cacao	9	La placenta con levadura líquida (más ácida) le da al producto una coloración vistosa.	(Matos et al., 2020)
Naranja	1, 3, 5*,7	Cantidad alta desestabiliza la masa por elevada absorción de agua y la dilución de gluten. Fortalece elasticidad, mejora producción de CO <sub>2</sub> , pero baja retención de gas.	(Han et al., 2021)
Naranja	3*, 6, 9 F: 4,7	Cantidad alta: baja calidad sensorial, amargor, oscurecimiento y ligera pérdida de tamaño.	(Okpala, 2014)
<b>Galletas</b>			
Cacao	10, 20, 30* F: 8,8	Sin fracturas y deformidades, no afecta al crujido. Proporcional al color pardo, sabor, olor a chocolate y capacidad antioxidante.	(Santana et al., 2018)
cacao	10, 20, 30	Mayor resistencia, no hay diferencias organolépticas con otros polvos de fibra	(Handojo et al., 2019)
Cacao,	33*, 50, 100 F: 10,1	Altos niveles de proteína, FD, compuestos fenólicos y actividad antioxidante. Sensorialmente aceptable	(Cardoso et al., 2018)

Naranja	5,10*,15,20 F: 9,0	La extensión, contenido de proteínas y grasas disminuyó, mejora el color, apariencia y textura	(Zaker et al., 2016)
<b>Pastas</b>			
Banana verde	15, 30* F: 2,4	Mayor contenido de cenizas, fibra y compuestos fenólicos, color más oscuro, buen sabor y textura	(Naciuk et al., 2017)
Naranja	0, 25; 0, 50; 0,75*	Aumenta valor nutricional y cantidad de antioxidantes. Ligero amargo	(Crizel et al., 2015)
<b>Pasteles</b>			
Cacao	25*, 50, 75	Baja dureza, masticabilidad y elasticidad. Mayor cohesividad, pegajosidad, sabor amargo, pérdida de volumen en niveles altos de fibra. Alta humedad. FDS puede reemplazar el aceite: textura tierna y quebradiza, reduce endurecimiento en almacenado	(S. Martínez et al., 2011)
Naranja	5, 10*, 20	Baja proteína y grasa, aumenta el porcentaje ceniza, fibra, humedad y fenoles totales	(Shukla & Mishra, 2015)
<b>Cárnicos: Salchichas</b>			
Banano F: 1,7	2*, 4, 6	Oscurecimiento, retrasa oxidación, reduce grasa, mejora rendimiento de cocción y textura. Alta cantidad afecta cohesión.	(Zaini et al., 2020)
Banano F:0,2	2*,4, 6	Aumenta rendimiento de cocción, mejora dureza, retención de agua y enrojecimiento. Alta cantidad deteriora cohesión, color, textura	(Zaini et al., 2019)
Banano	25*, 50, 70 y 100	No afecta estabilidad emulsionante, aumenta WHC y variaciones de pH por aumento de sustancias disueltas	(Chasoy & Cock, 2017)
Banano	3	Reduce pérdida de cocción, aumenta estabilidad de emulsión y oxidativa en el almacenado, mejora reología	(Pereira , et al.2020)
Cacao	0,25; 0,5; 0,75*; 1*; 2	Buena aceptabilidad, el pH disminuyó en las crudas, pero en cocidas no, la luminosidad y amarilzantes antes y después de la cocción disminuyó y el enrojecimiento aumentó.	(Choi et al., 2019)

**Nota:** \* porcentaje con mejores características; F: % fibra

**Estudios de aplicaciones de concentrados de fibra en el país**

Tabla 11 demuestran la aplicabilidad de los concentrados de fibra dietética en el país en diversos productos.

Las investigaciones presentadas en la

**Tabla 11. Estudios de aplicaciones de concentrados de fibra dietética en Ecuador**

Aplicación	Fruta	% utilizado	Efecto	Fuente
Cupcakes	Naranja	3,28	Porcentaje de humedad y cenizas adecuado. El sabor y textura tuvieron una gran aceptación. Mas fibra aumentó la dureza	(Mendoza, 2019)
Galletas	Piña y naranja	5*,10,15	Humedad adecuada según la norma ecuatoriana, contenido calórico similar al control. Reduce cohesividad, aumenta la gomosidad, elasticidad y masticabilidad.	(Chumo y Rodríguez, 2018)
Yogurt	Naranja	10*	El escaldado y molienda son factores críticos que afectan directamente la calidad y rendimiento, FDT del producto final es mayor al del comercial. Agradable al consumidor	(Chimborazo, 2011)

**DISCUSIÓN**

El valor estimado de residuos de fruta generados en el Ecuador, en el año 2019 fue de 508 mil TM, inferior a la cantidad declarada por Riera et al. (2018) de 2203 miles de TM de desperdicios agroindustriales, esto principalmente porque en comparación con este estudio la investigación realizada no incluyó cereales y palma aceitera, los cuales representan un gran porcentaje de residuos.

La mayor parte de las cáscaras de frutas más cultivadas en el país y de las aplicadas en la fabricación de bebidas contienen valores iguales o superiores al 40 % en fibra dietética, siendo la cáscara de limón la más alta con 95,61 % (Méndez et al., 2011), lo que las hace una fuente importante de recursos para la creación de ingredientes alimentarios, siendo así se debería profundizar en

su aplicabilidad en productos y en el estudio de sus propiedades según el tipo de fruta.

Yang et al. (2017), señala a los métodos de modificación de concentrados de fibra dietética mixtos (químico-enzimáticos, ultrasónicos-enzimáticos, microondas-enzimáticos) como los más eficientes y a los térmicos como inconsistentes por los cambios que genera en los carbohidratos. Sin embargo, los métodos más empleados fueron los mecánicos como los aplicados por Huang y Ma (2016) en orujo de naranja, Méndez et al. (2011) en limón, L. García et al. (2019) en cáscara de naranja y , Du et al. (2011) en cáscara de banano, los térmicos en cáscara de naranja (Tejada et al., 2017) y los de tratamiento térmico y alta presión en cáscara de mango y naranja (Tejada et al., 2017). En estos últimos se evidencia un aumento de FDS y solubilidad mientras que en los mecánicos (extrusión) existe un aumento de WHC y OHC. La modificación conlleva cambios en la estructura y propiedades de la fibra, Huang y Ma (2016) mencionan que el aumento de hinchamiento se relaciona a cambios tridimensionales y OHC con

propiedades de superficie, carga e hidrofobicidad, al contrario L. García et al. (2019) sostiene que OHC se relaciona más con la porosidad de la fibra que con sus características lipolíticas, por lo que el tamaño de partícula es fundamental. Los tratamientos térmicos no cambiaron WHC, esto puede deberse a que los grupos hidroxilo libres que adsorben agua no sufren cambios bruscos, mientras que SP varía porque la matriz hidrófila que absorbe agua se modifica (Benítez et al., 2011), en cambio (Tejada et al., 2017) sostiene que la estructura influye más que la composición química en WHC y que los cambios en la fibra se deben a la reducción de FDI y no al aumento de FDS.

El contenido de humedad, ceniza, grasa, proteína, carbohidratos y fibra en concentrados de fibra dietética obtenidos del procesamiento de cáscaras de fruta cambia según la fruta, lugar de cultivo y estado de maduración. Las harinas que poseen una mezcla de componentes: pulpa, semillas y otras partes aumentaron su contenido de humedad, por ejemplo la pulpa de banano aumenta la humedad al madurar por la descom-

posición respiratoria del almidón en azúcar que le da mayor humedad a la cáscara (Salih et al., 2017), por lo que la combinación de otras partes de la fruta con la cáscara afecta el contenido en agua. Según Khadijah et al. (2018), la humedad es importante para determinar el almacenamiento, mientras que los bajos contenidos en grasa son buenos para disminuir la oxidación y efectos de rancidez. En general los concentrados de fibra presentan alta humedad en ciertos casos, por lo que se deben mejorar las condiciones de secado o agregar algún tipo de conservante para aumentar la vida útil del producto; no hay una diferencia de humedad apreciable entre frutas. Por otro lado, el porcentaje de grasa de las harinas es bajo, en especial para los concentrados de cacao y naranja, pero el banano posee valores que duplican esta cantidad, estas variaciones pueden deberse a las características propias del fruto de acuerdo con lo mencionado por Naciuk et al. (2017).

Los concentrados de fibra se aplican en la harina en diferentes proporciones por su presentación en polvo. Es importante conocer la cantidad

requerida por producto para evitar modificaciones que afecten la calidad. Se ha empleado concentrados de fibra dietética de residuos de: plátano (Gddoa y Salih, 2018), banano (Nasution et al., 2012), (Eshak, 2016), cacao (Amir et al., 2013), (Matos et al., 2020) y naranja (Han et al., 2021), (Okpala, 2014) en la elaboración de pan; cacao (Santana et al., 2018), (Handojo et al., 2019), (Cardoso et al., 2018), naranja (Zaker et al., 2016) en la elaboración de galletas; banana verde (Naciuk et al., 2017), naranja (Crizel et al., 2015) en la fabricación de pastas y banano (Zaini et al., 2020), (Chasoy y Cock, 2017), (Pereira et al., 2020), cacao (Choi et al., 2019) en la elaboración de salchichas. La mayoría de los estudios utilizaron cantidades pequeñas de fibra, las cuales tuvieron buena aceptación. Los concentrados de fibra tienen propiedades adicionales. Nasution et al. (2012) señala que la cáscara de banano tiene propiedades antibacterianas, pero estas no influyen en la vida útil del producto al estar en baja concentración; no se emplean en altas cantidades porque afectan la calidad del producto, por lo que se deben usar otras alternativas para

mejorar la conservación como aditivos en la cantidad reglamentaria. Handojo et al. (2019), por su parte determinó que no existen diferencias organolépticas del concentrado de fibra de cacao con polvos de fibra de trigo y avena, el diámetro medio de partícula es similar, solo cambia su coloración, lo que lo hacen un producto con alto interés para el mercado y de uso industrial al ser similar a los productos a base de cereales que se usan en panadería y cárnicos.

No existen suficientes estudios realizados en Ecuador sobre el aprovechamiento de cáscaras de fruta. Se han realizado propuestas como la de Aguilar (2014), sobre la elaboración de sopas instantáneas con base en cáscaras de banano y sandía lo que hace que de los concentrados

en fibra un ingrediente versátil, aplicable a varios productos; sin embargo, se requiere aumentar la investigación en el tratamiento de desperdicios de frutas nacionales.

La elaboración de concentrados permite obtener ingredientes funcionales para la industria; sin embargo, es importante considerar los factores propios de la fruta como su grado de maduración, lugar de cultivo, variedad, etc., así como el proceso, los tratamientos de secado, tamaños de partícula y proporción empleada para aprovechar las propiedades de la fibra incorporada en productos procesados. El proceso es factible de ejecutar como se describe en el estudio, aunque se requiere mayor apoyo e interés por parte de las industrias e instituciones gubernamentales.

## CONCLUSIÓN

El presente estudio permitió conocer los tipos de residuos de fruta más importantes en el país, los procesos de extracción, elaboración y modificación de concentrados de fibra dietética más empleados, las características del producto y su aplica-

bilidad en la industria alimentaria. Se estimó que los residuos agroindustriales generados en el país del año 2019 fueron de 508 mil TM para las principales frutas de producción: banano, plátano, cacao y naranja. La cantidad de fibra dietética en las

cáscaras de frutas nacionales fue igual o superior al 40 %, lo que las hace una fuente de recursos para ingredientes alimentarios. Los procesos previos al secado se utilizan o se omiten según los requerimientos de la fruta en la elaboración de concentrados. La temperatura de secado más empleada en los estudios estuvo entre 41-60 °C, los métodos recomendados fueron el aire caliente, combinados y liofilización como control. El tamaño de partícula en la mayoría de las investigaciones fue fino: 200 a 400 µm por su facilidad de incorporación en productos. Todos los tratamientos de modificación demostraron ser efectivos para la transformación de FDI a FDS, lo que contribuye a la idoneidad de la fibra como ingrediente. Los procesos más aplicados en los estudios fueron mecánicos y térmicos. La fracción máxima modificada reportada de FDI/FDS fue 6,8:1 a 1:1 utilizando el método de extrusión. Los cambios estructurales y de tamaño de partícula incrementaron WHC y solubilidad, mientras que la disminución de FDI afectó la capacidad de hinchamiento y OHC. El consumo de fibra dietética de cáscaras de fruta aumenta el tiempo de masticación, forma solu-

ciones viscosas, retiene glucosa y grasa, absorbe agua y tiene comportamiento prebiótico lo que beneficia la digestión y al organismo. La capacidad de retención de agua y aceite e hinchamiento fueron las principales propiedades tecnológicas analizadas en los estudios, las mismas que fueron afectadas por el tipo de fruta, maduración, lugar de cultivo, procesamiento, parte del fruto y estructura de la fibra al igual que la composición química, contenido en fibra dietética, compuestos fenólicos, pH y coloración de los concentrados. Los polvos de fibra obtenidos en los estudios son aplicables a productos alimentarios porque tienen adecuado porcentaje de humedad, tamaño de partícula, carbohidratos, WHC y SP según las fibras comerciales, buena luminosidad y compuestos bioactivos que actúan como antioxidantes. La composición de fibra dietética total de los concentrados estuvo entre 35 a 65 %, la proporción más equilibrada en FDI/FDS fue de los residuos de naranja, seguido de los subproductos de cacao. Los concentrados con alta FDI deben modificarse para mejorar su funcionalidad. Los concentrados de fibra dietética son aplicados principalmente en produc-

tos de panadería y cárnicos a bajas concentraciones para mejorar la coloración, textura, capacidad antioxidante y emulsificante en el alimento. En Ecuador existen investigaciones que demuestran la aplicabilidad de los concentrados de fibra dietética y su rentabilidad según el costo de producción y cotización comercial. La elaboración de concentrados y los procesos de modificación de fibra dietética de residuos agroindustriales

del Ecuador son alternativas adecuadas para el aprovechamiento de las propiedades nutricionales y tecnológicas de la fibra dietética en el desarrollo productos más saludables para la industria alimentaria, por lo que se debería impulsar el estudio de las variables analizadas en la presente investigación que aporte estrategias para el manejo de desperdicios que benefician a la economía del país.

## AGRADECIMIENTO

Christian D. Alcívar-León, Juan Sebastián Serrano-León agradecen a la

Universidad Central del Ecuador y a la Facultad de Ciencias Químicas.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Agama, E., Sañudo, J., Vélez, R., González, G. y Bello, L. (2015). Potential of plantain peels flour (*Musa paradisiaca* L.) as a source of dietary fiber and antioxidant compound. *CYTA - Journal of Food*, 14(1), 117–123. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1055306>
- Aguilar, V. (2014). *Desarrollo de una sopa instantánea a partir de cáscaras de sandía (*Citrullus lanatus*) y de plátano (*Musa paradisiaca*)*. [Tesis de pregrado no publicada]. Universidad Católica de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1587/1/TTMAI29D.pdf>

- Akinbomi, J., Brandberg, T., Sanni, S. y Taherzadeh, M. (2014). Development and Dissemination Strategies for Accelerating Biogas Production in Nigeria. *BioResources*, 9(3), 5707–5737. <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/development-and-dissemination-strategies-for-accelerating-biogas-production-in-nigeria/>
- Alarcón, M., Lòpez, J. y Restrepo, D. (2013). Caracterización de la Funcionalidad Tecnológica de una Fuente Rica en Fibra Dietaria Obtenida a partir de Cáscara de Plátano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 66(1), 6959–6968. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179928411012>
- Almeida, L., Aguilar, T. y Hervert, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. *Anales Venezolanos de Nutricion*, 27(1), 73–76. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=50798-07522014000100011&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50798-07522014000100011&lng=es&tlng=es)
- Amir, I., Hanida, H. y Syafiq, A. (2013). Development and physical analysis of high fiber bread incorporated with cocoa (*Theobroma cacao* sp.) pod husk powder. *International Food Research Journal*, 20(3), 1301–1305. [http://www.ifrj.upm.edu.my/20%20\(03\)%202013/39%20IFRJ%2020%20\(03\)%202013%20Amir%20\(344\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/20%20(03)%202013/39%20IFRJ%2020%20(03)%202013%20Amir%20(344).pdf)
- Arumugam, R. y Manikandan, M. (2011). Fermentation of Pretreated Hydrolyzates of Banana and Mango Fruit Wastes for Ethanol Production. *Asian J. Exp. Biol. Sci*, 2(2), 246–256. [https://www.researchgate.net/publication/376414936\\_Fermentation\\_of\\_Pretreated\\_Hydrolyzates\\_of\\_Banana\\_and\\_Mango\\_Fruit\\_Wastes\\_for\\_Ethanol\\_Production](https://www.researchgate.net/publication/376414936_Fermentation_of_Pretreated_Hydrolyzates_of_Banana_and_Mango_Fruit_Wastes_for_Ethanol_Production)
- Azam, S. M. R., Ma, H., Xu, B., Devi, S., Siddique, M. A. B., Stanley, S. y L. Zhu, J. (2020). Efficacy of ultrasound treatment in the and removal of pesticide residues from fresh vegetables: A review. *Trends in Food Science y Technology*, 97, 417–432. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.028>
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. Pearson Educación.
- Benítez, V., Mollá, E., Martín, M., Aguilera, Y., López, F., y Esteban, R. (2011). Effect of sterilisation on dietary fibre and physicochemical properties of onion by-products. *Food Chemistry*, 127(2), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.031>

- Calderón, M. y López, L. (2020). Food Vegetable and Fruit Waste Used in Meat Products. *Food Reviews International*, 38(4), 1-27. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1740732>
- Cardoso, D., Vera, A. y Lobo, M. (2018). Availability and Suitability of Agroindustrial Residues as Feedstock for Cellulose-Based Materials: Brazil Case Study. *Waste and Biomass Valorization*, 10(10), 2863–2878. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0291-0>
- CCQ. (2023). Cámara de Comercio de Quito. Recuperado de <https://ccq.ec/la-industria-de-alimentos-y-bebidas-explora-nuevas-oportunidades-en-el-mercado-ecuatoriano/>
- Chasoy, G. y Cock, L. (2017). Effect of plantain (*Musa paradisiaca* L. cv. Dominico Harton) peel flour as binder in frankfurter-type sausage. *Acta Agronomica*, 66(3), 305–310. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.56695>
- Chimborazo, M. F. (2011). *Efecto de Escaldado y Molienda en las Capacidades de Absorción y Retención de Agua en la Fibra Dietética de Naranja (Citrus Sinensis)*. (Tesis de pregrado no publicada). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Choi, J., Kim, N., Choi, H. Y., y Han, Y. S. (2019). Effect of cacao bean husk powder on the quality properties of pork sausages. *Food Science of Animal Resources*, 39(5), 742–755. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e62>
- Chumo, N. E. y Rodríguez, J. L. (2018). *Influencia de la sustitución de harinas de cáscara de frutas en perfil de textura y calidad nutricional de una galleta* [Tesis de pregrado no publicada, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López].
- Codex. (2009). Reunión del Codex sobre nutrición y Alimentos para regímenes especiales. FAO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/meetings/archives/es/?y=2009>
- Crizel, T., Hermes, V., De Oliveira, A., y Flôres, S. (2016). Evaluation of bioactive compounds, chemical and technological properties of fruits byproducts powder. *Jour-*

*Journal of Food Science and Technology*, 53(11), 4067–4075. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2413-7>

- Crizel, T., Jablonski, A., De Oliveira Rios, A., Rech, R. y Flôres, S. (2013). Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *LWT - Food Science and Technology*, 53(1), 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.002>
- Crizel, T., Rios, A., Thys, R. y Flôres, S. (2015). Effects of orange by-product fiber incorporation on the functional and technological properties of pasta. *Food Science and Technology*, 35(3), 546–551. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6719>
- Du, B., Jiao, Y. L., Li, Y. J., Yin, G. X. y Yang, G. M. (2011). Study on modification of the banana peel in the extrusion. *Advanced Materials Research*, 236–238, 2172–2178. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.236-238.2172>
- Ecuador. Asociación Nacional de Exportadores de Cacao. (2019). Sector Exportador de Cacao. Anecacao.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. y Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), 411–421. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>
- Emaga, T., Bindelle, J., Agneesens, R., Buldgen, A., Wathelet, B. y Paquot, M. (2011). Ripening influences banana and plantain peels composition and energy content. *Tropical Animal Health and Production*, 43(1), 171–177. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9671-6>
- Eshak, N. (2016). Sensory evaluation and nutritional value of balady flat bread supplemented with banana peels as a natural source of dietary fiber. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(2), 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2016.07.002>
- FAO. (2002). Agricultura Mundial hacia los años 2015/2030. FAO. <https://www.fao.org/documents/card/fr?details=86e794af-3bcb-5e9f-a7ab-60157310ebfe>
- FAO. (2018). Las principales frutas tropicales. Análisis del mercado 2018. En Organización de las Naciones unidas para la alimentación y la agricultura. FAO. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/CA5692ES/>

- FAOSTAT. (2018). Cultivos. Descargar Datos. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. FAO.
- Farinango Gonza, V. J. (2018). *Producción y comercialización del mango (Mangifera indica L.) Variedad Tommy Atkins en la provincia de Imbabura* [Tesis de pregrado no publicada]. Universidad Técnica del Norte, Imbabura, Ecuador.
- Fiberstar. (2021). ¿Qué es Citri-fri? Fiberstar. <https://www.fiberstar.net/>
- García-Amezquita, L., Tejada-Ortigoza, V., Serna-Saldivar, S. y Welti-Chanes, J. (2018). Dietary Fiber Concentrates from Fruit and Vegetable By-products: Processing, Modification, and Application as Functional Ingredients. *Food and Bioprocess Technology*, 11(8), 1439-1463. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2117-2>
- García, L., Tejada, V., Campanella, O. y Welti, J. (2018). Influence of Drying Method on the Composition, Physicochemical Properties, and Prebiotic Potential of Dietary Fibre Concentrates from Fruit Peels. *Journal of Food Quality*, 2018, 9105237. <https://doi.org/10.1155/2018/9105237>
- García, L., Tejada, V., Pérez, E., Serna, S., Campanella, O., y Welti, J. (2019). Functional and compositional changes of orange peel fiber thermally-treated in a twin extruder. *LWT - Food Science and Technology*, 111, 673–681. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.082>
- Gddoa, S. y Salih, A. (2018). Effect of substitution percentage of banana peels flour in chemical composition, rheological characteristics of wheat flour and the viability of yeast during dough time. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(1), 87–91. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.06.005>
- Göksel, M. y Dogan, M. (2016). Incorporation of dietary fiber concentrates from fruit and vegetable wastes in butter: effects on physicochemical, textural, and sensory properties. *European Food Research and Technology*, 242(8), 1331–1342. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2637-9>
- Han, L., Zhang, J. y Cao, X. (2021). Effects of orange peel powder on rheological properties of wheat dough and bread aging. *Food Science and Nutrition*, 9(2), 1061–1069. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2080>

- Handojo, L., Triharyogi, H., y Indarto, A. (2019). Cocoa bean shell waste as potential raw material for dietary fiber powder. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(0123456789), 485–491. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0271-9>
- He, C., Sampers, I. y Raes, K. (2021). Dietary fiber concentrates recovered from agro-industrial by-products: Functional properties and application as physical carriers for probiotics. *Food Hydrocolloids*, 111(April 2020), 1–10. <https://doi.org/10.1155/2022/4289059>
- Henríquez, C., Sarkar, D., Molina, J., Sepúlveda, S., Córdova, A., Saavedra, J., y Shetty, K. (2020). Improving antioxidant and anti-hyperglycemic activity in cereal and apple-based food formulations using bioactive ingredients from apple peel. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14609>
- Huang, Y. L., Chow, C. J. y Fang, Y. J. (2011). Preparation and physicochemical properties of fiber-rich fraction from pineapple peels as a potential ingredient. *Journal of Food and Drug Analysis*, 19(3), 318–323. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2179>
- Huang, Y. L. y Ma, Y. S. (2016). The effect of extrusion processing on the physiochemical properties of extruded orange pomace. *Food Chemistry*, 192, 363–369. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.039>
- Hussain, S., Jöudu, I. y Bhat, R. (2020). Dietary fiber from underutilized plant resources— A positive approach for valorization of fruit and vegetable wastes. *Sustainability*, 12(13), 5401. <https://doi.org/10.3390/su12135401>
- INEC. (2019). Ecuador cuenta con su reloj poblacional. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Jamilah, B., Shu, C., Kharidah, M., Dzulkifly, M. y Noranizan, A. (2011). Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. *International Food Research Journal*, 18(1), 279–286. [http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20\(01\)%202011/\(28\)%20IFRJ-2010-060%20Jamilah%20UPM%5B1%5D.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20(01)%202011/(28)%20IFRJ-2010-060%20Jamilah%20UPM%5B1%5D.pdf)

- Jiménez-Moreno, N., Esparza, I., Bimbela, F., Gandía, L., y Ancín-Azpilicueta, C. (2019). Valorization of selected fruit and vegetable wastes as bioactive compounds: Opportunities and challenges. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 1-48.
- Khadijah, S., Ahmad, N., y Jailani, F. (2018). Chemical and Functional Properties of Local Banana Peel Flour. *Journal of Food and Nutrition Research*, 6(8), 492–496. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:92021991>
- León Gonzáles, O., y Santos Villegas, R. (2020). *Elaboración, formulación y poder antioxidante de barras de harina de cascara de limón (Citrus limon), LIMA (Citrus limetta) y semilla de girasol (Helianthus annuus) con alto contenido de fibra alimentaria* [Tesis de pregrado no publicada, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
- MAG. (2021). SIPA. Ministerio de Agricultura y Ganadería - Cifras Agroproductivas. <https://www.agricultura.gob.ec/sipa/>
- Martínez, R, Torres, P., Meneses, M., Figueroa, J., Pérez-Álvarez, J. y Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products. *Food Research International*, 49(1), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.005>
- Martínez, Ruth, Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A. y Viuda-Martos, M. (2012). *Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate*. *Food Chemistry*, 135(3), 1520–1526. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.057>
- Martínez, S., Salvador, A., Muguera, B., Moulay, L., y Fiszman, S. (2011). Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT - Food Science and Technology*, 44(3), 729–736. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.035>
- Matos, P., Nogueira, A., Ferreira, M., Dias, C., Da Silva, M. E., Coelho, A., y De Francisco, A. (2020). Quality Properties of a Bread Made with Levain and Cocoa Waste. *Journal of Culinary Science and Technology*, 20(5), 1–12. <https://doi.org/10.1080/15428052.2020.1848685>

- Mayorga, A. L. (2013). *Desarrollo de fibra dietética a partir de un subproducto industrial de piña y su aplicación en un producto alimenticio* [Tesis de pregrado no publicada, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica].
- Méndez, S., Martínez, H. y Morales, E. (2011). Effect of extrusion parameters on some properties of dietary fiber from lemon (*Citrus aurantifolia* Swingle) residues. *African Journal of Biotechnology*, 10(73), 16589–16593. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.1582>
- Mendoza, A. Y. (2019). *Caracterización físico-química del flavedo deshidratado de naranja (*Citrus x sinensis*) y su uso como insumo en la elaboración de cupcakes* [Tesis de pregrado no publicada, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador].
- Naciuk, V., Nogueira, J., Souza, L., Rodrigues, M., Silva, P., Ferrão, L., Fontanive, R., Guimaraes, R., Lemos, S., Citelli, M., y Zago, L. (2017). The use of green banana pulp and peel as an ingredient for tagliatelle pasta. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, 1–8. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11916>
- Nazemi F, Khodadadi I y Heshmati A. (2016). Effect of storage type and time and washing methods on dichlorvos residues in tomato. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 26(141), 36-44. <http://jmums.mazums.ac.ir/article-1-8582-en.html>
- Nasution, Z., Lim, R. y Hafiz, W. W. (2012). Banana Peel Flour: an Alternative Ingredient for wholemeal bread. *Revista Estadounidense de Ciencia y Tecnología de Los Alimentos*, 682–687.
- Nieto, J., De Escalada, M., y Gerschenson, L. (2018). Dietary fibre concentrates produced from papaya by-products for agroindustrial waste valorisation. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(4), 1074–1080. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13962>
- Nieto, J., Soria, M., De Escalada Pla, M. y Gerschenson, L. (2017). Optimization of the Production of Dietary Fiber Concentrates from By-Products of Papaya (*Carica papaya* L. Var. Formosa) with Microwave Assistance. Evaluation of Its Physicochemical and Functional Characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), 1–12. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13071>

- Nieto, K., Mendoza, N., y Campos, R. (2020). Cocoa By-products. En *Food Wastes and By-Products: Nutraceutical and Health Potential*, 373–411. <https://doi.org/10.1002/9781119534167.ch13>
- O’Shea, N., Arendt, E. K., y Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.06.002>
- Okpala, L. (2014). Effect of Orange Peel Flour on the Quality Characteristics of Bread. *British Journal of Applied Science y Technology*, 4(5), 823–830. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2014/6610>
- Peralta, K. (2020). Naranja; propiedades y beneficios. Espacio Honduras.
- Pereira, J., Brohi, S. A., Malairaj, S., Zhang, W. y Zhou, G. H. (2020). Quality of fat-reduced frankfurter formulated with unripe banana by-products and pre-emulsified sunflower oil. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 420–433. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1733014>
- Präger, F., Paczkowski, S., Sailer, G., Derkyi, N. S. A., y Pelz, S. (2019). Biomass sources for a sustainable energy supply in Ghana – A case study for Sunyani. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107, 413–424. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.016>
- Proecuador. (2018). Estudio de Bananero en Alemania. Proecuador.
- Raj, A., y Masih, D. (2014). Physico Chemical and Rheological Properties of Wheat Flour Bun Supplemented with Orange Peel Powder. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3(8), 391–394. <https://www.ijsr.net/getabstract.php?paperid=2015315>
- Rentería, J. L. (2014). *Procesamiento de frutas de maracuyá (Passiflora edulis) para obtención de pectina*, en *Machala 2013* [Tesis de pregrado no publicada, Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador.

- Riera, M., Maldonado, S., y Palma, R. (2018). Agro-industrial residues generated in Ecuador for the elaboration of bioplastics. *Ingeniería Industrial*, 17(3), 227–246. <https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.13>
- Rojas, N. (2012). *Evaluación de fenólicos totales y capacidad antioxidante en la pulpa concentrada de zarzamora (Rubus sp), en dos estados de madurez* [Tesis de maestría no publicada, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú].
- Romero, V. (2019). *Producción y exportación de concentrado de maracuyá ecuatoriano en el cantón Arenillas - Provincia El Oro para exportación a Alemania*. [Tesis de pregrado no publicada, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador].
- Saikia, S., y Lata, C. (2016). In vitro physicochemical, phytochemical and functional properties of fiber rich fractions derived from by-products of six fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3), 1496–1504. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2120-9>
- Saldaña, P., Bastida, S., Macho, A., y Sánchez, F. (2020). Alimentos funcionales como alternativa para incrementar la ingesta de fibra dietética y proantocianidinas. Posibles efectos sobre la microbiota intestinal. *JONNPR*, 5(12), 1464-1729. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3990>
- Salih, Z., Siddeeg, A., Taha, R., Bushra, M., Ammar, A.-F., y Ali, A. O. (2017). Physico-chemical and Functional Properties of Pulp and Peel Flour of Dried Green and Ripe Banana (Cavendish). *International Journal of Research in Agricultural Sciences*, 4(6), 348–353. [https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/\\_30\\_fr-cafei-037\\_mohd\\_dom.pdf](https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/_30_fr-cafei-037_mohd_dom.pdf)
- Santana, D., Rodríguez, J. L., Calle, J., Nuñez de Villavicencio, M., Díaz, L., y Herrerza, L. (2018). Utilización de la cascarilla de cacao como fuente de fibra dietética y antioxidantes en la elaboración de galletas dulces. *Ciencia y Tecnología de Los Alimentos*, 28(3), 62–67. [https://www.researchgate.net/publication/338924572\\_UTILIZACION\\_DE\\_LA\\_CASCARILLA\\_DE\\_CACAO\\_COMO\\_FUENTE\\_DE\\_FIBRA\\_DIETETICA\\_Y\\_ANTIOXIDANTES\\_EN\\_LA\\_ELABORACION\\_DE\\_GALLETAS\\_DULCES](https://www.researchgate.net/publication/338924572_UTILIZACION_DE_LA_CASCARILLA_DE_CACAO_COMO_FUENTE_DE_FIBRA_DIETETICA_Y_ANTIOXIDANTES_EN_LA_ELABORACION_DE_GALLETAS_DULCES)
- Shukla, R. N. y Mishra, A. A. (2015). Development and Quality Evaluation of Orange Peel Powder Development and Quality Evaluation of Orange Peel Powder. *International journal of science, engineering and technology*. (3) 2370–2373.

- Talens, C., Arbolea, J. C., Castro, M. y Fito, P. (2017). Effect of microwave power coupled with hot air drying on process efficiency and physico-chemical properties of a new dietary fibre ingredient obtained from orange peel. *LWT - Food Science and Technology*, 77, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.036>
- Tejada, V., García, L., Serna, S. y Welti, J. (2015). Advances in the Functional Characterization and Extraction Processes of Dietary Fiber. *Food Engineering Reviews*, 8(3), 251–271. <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9134-y>
- Tejada, V., García, L., Serna, S. y Welti, J. (2017). The dietary fiber profile of fruit peels and functionality modifications induced by high hydrostatic pressure treatments. *Food Science and Technology International*, 23(5), 396–402. <https://doi.org/10.1177/1082013217694301>
- Torres, A. (2012). Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) (Cav.) Sendtn. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 62(4), 381–388. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222012000400010&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222012000400010&lng=es)
- Veloz, A. S. (2019). *Cuantificación y análisis proximal de residuos agroindustriales generados en despulpadoras de fruta del distrito metropolitano de Quito*. [Tesis de pregrado no publicada, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador].
- Vilcanqui, F., y Vílchez, C. (2017). Fibra dietaria: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. *Revisión. ALAN - Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(2). <https://www.alanrevista.org/ediciones/2017/2/art-10/>
- Vivar, M. de los A., Pérez, A., Ruiz, I., Hernández, A., Solano, S., Ruiz, H., Bernardino, A. y González, L. (2018). Chemical, physical and sensory properties of Vienna sausages formulated with a starfruit dietary fiber concentrate. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 3303–3313. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3265-0>
- Yang, Y., Ma, S., Wang, X. y Zheng, X. (2017). Modification and Application of Dietary Fiber in Foods. *Journal of Chemistry*, 2017, 9340427. <https://doi.org/10.1155/2017/9340427>

- Yangilar, F. (2015). Effects of green banana flour on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. *Food Technology and Biotechnology*, 53(3), 315–323. <https://doi.org/10.17113/ft.b.53.03.15.3851>
- Zaini, H., Bin Sintang, M. D., Dan, Y. N., Wahab, N., Hamid, M. y Pindi, W. (2019). Effect of addition of banana peel powder (*Musa balbisiana*) on physicochemical and sensory properties of fish patty. *British Food Journal*, 121(9), 2179–2189. <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2019-0130>
- Zaini, H., Sintang, M. D. Bin, y Pindi, W. (2020). The roles of banana peel powders to alter technological functionality, sensory and nutritional quality of chicken sausage. *Food Science and Nutrition*, 8(10), 5497-5507. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1847>
- Zaker, M. A., Arvind Raghunathrao Sawate, Bhanudas Patil, y Surendra Kishanrao Sadauarte. (2016). Studies on Effect of Orange Peel Powder Incorporation on Physical, Nutritional and Sensorial Quality of Cookies. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 5(09), 78–82. <http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV5IS090125>