



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Tema: Efecto de la adición de fibras para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería - Una revisión del conocimiento actual

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación: “Desarrollo de un prototipo de mezcla farinácea libre de gluten para pastelería, utilizando cultivos andinos tradicionales infrutilizados”, aprobado por el H. Consejo Universitario con resolución 0193-CU-P-2018 y coordinado por Diego Salazar, M.Sc.

Autora: Michelle Carolina Mayorga Aguilar

Tutor: Ing. M.Sc. Diego Manolo Salazar Garcés

Ambato – Ecuador

Marzo - 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

M.Sc. Diego Manolo Salazar Garcés

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este trabajo de titulación modalidad Proyecto de investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 24 de Enero del 2022

Ing. M.Sc. Diego Manolo Salazar Garcés

C.I. 180312429-4

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Michelle Carolina Mayorga Aguilar, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad de Proyecto de Investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales a excepción de las citas bibliográficas.



Michelle Carolina Mayorga Aguilar

C.I. 180353311-4

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia, firman:

Presidente del Tribunal

Dra. Dayana Cristina Morales Acosta
C.I. 180413557-0

Dr. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro
C.I. 180273810-2

Ambato, 08 de Marzo del 2022

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente Trabajo de Titulación o parte de él, como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Michelle Carolina Mayorga Aguilar

C.I. 180353311-4

AUTOR

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por darme salud y vida, y a mis padres Fausto y Mary, por su apoyo y amor incondicional durante toda mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud y vida, y por guiarme en todo momento.

A mis padres Fausto y Mary, por su apoyo moral y económico, y por su amor incondicional durante cada etapa de mi vida.

A mi hermana Ximena, por su apoyo, risas y por cada momento compartido conmigo.

A mis abuelitos, Ángel y Blanca, por su cariño y apoyo brindado.

A mi abuelita Cristina, y a todos mis familiares que me han apoyado y me han dado una palabra de aliento.

Al ingeniero M.Sc. Diego Salazar por ser un buen docente, por su paciencia y por ser guía para poder realizar este trabajo y lograr culminar mis estudios universitarios.

A mis amigas y amigos, por su amistad y por todos los momentos que compartimos juntos durante la carrera.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por abrirme las puertas de su establecimiento para realizar mis estudios universitarios.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II	4
METODOLOGÍA	4
2.1 Tipo de investigación	4
2.2 Materiales	4
2.3 Técnicas.....	4
CAPÍTULO III.....	5
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	5
3.1 Productos de panificación y pastelería.....	5
3.2 Fibras	6
3.3 Fuentes de fibras.....	7
3.3.1 Frutas.....	8
3.3.2 Vegetales	8
3.3.3 Cereales	9
3.3.4 Leguminosas	9
3.4 Uso de fibras en productos de panificación y pastelería.....	10
3.5 Comportamiento de fibras en productos de panificación y pastelería.....	10
3.6 Efecto de la adición de fibras en productos de panificación y pastelería....	11
3.6.1 Efectos en la masa.....	11
3.6.1.1 Efecto en el tiempo de desarrollo de la masa	11

3.6.1.2	Efecto en la extensibilidad de la masa.....	12
3.6.2	Efectos en el producto final.....	15
3.6.2.1	Efecto en el contenido de humedad.....	15
3.6.2.2	Efecto en el contenido de cenizas.....	19
3.6.2.3	Efecto en el contenido de grasa.....	21
3.6.2.4	Efecto en el contenido de proteína.....	23
3.6.2.5	Efecto en la cantidad de fibra.....	25
3.6.2.6	Efecto en las características físicas.....	31
3.6.2.7	Efecto en los parámetros de textura.....	32
3.6.2.8	Efecto en el color.....	35
3.6.2.9	Efecto en las características sensoriales.....	40
3.6.2.10	Efecto en salud (índice glucémico).....	41
CAPÍTULO IV	45
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	47

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Variación del porcentaje de humedad en productos de panificación y pastelería.	18
Gráfico 2: Variación del porcentaje de cenizas en productos de panificación y pastelería.	20
Gráfico 3: Variación del porcentaje de grasa en productos de panificación y pastelería.	22
Gráfico 4: Variación del porcentaje de proteína en productos de panificación y pastelería.	24
Gráfico 5: Variación del porcentaje de fibra dietética en productos de panificación y pastelería.	27

Índice de Tablas

Tabla 1: Fuentes de fibra y efecto en la masa de productos de panificación y pastelería.	13
Tabla 2: Fuentes de fibras y efectos en la composición de productos de panificación y pastelería.	28
Tabla 3: Fuentes de fibra y efectos en las características físicas, parámetros de textura y color de productos de panificación y pastelería.	36
Tabla 4: Fuentes de fibra y efecto en el análisis sensorial e índice glucémico de productos de panificación y pastelería.	42

RESUMEN

En la actualidad el ser humano busca cambios en su alimentación, inclinándose por alimentos que contribuyan positivamente a su organismo, siendo este un factor importante para el estudio de productos nuevos con propiedades nutricionales mejoradas. Los productos de panificación y pastelería han sido objeto de estudio en diversas fuentes bibliográficas, y en este trabajo la revisión bibliográfica permitió identificar fibras y fuentes de fibras que pueden ser utilizadas en la elaboración de alimentos de panificación y pastelería, destacando que hoy en día, las más estudiadas han sido las fibras y fuentes de fibra de origen vegetal. Añadir fibra o fuentes de fibra en la formulación de galletas, pasteles, panes libres de gluten, muffins, entre otros, puede representar cambios en las características de la masa, la composición del producto, parámetros de textura, análisis sensorial, índice glucémico, entre otros. No es posible englobar a las fibras como positivas o negativas para la elaboración de un producto, ya que los resultados de diversos estudios demuestran que, a la masa y al producto a elaborar no les afecta únicamente el tipo de fibra o fuente de fibra, sino que también depende de la cantidad utilizada, el tamaño de la fibra, la formulación original del producto y el proceso de elaboración. Este trabajo muestra una revisión bibliográfica sobre el efecto de la adición de fibras en productos de panificación y pastelería, estableciendo las fibras y/o fuentes de fibras que se pueden utilizar, analizando el comportamiento y los efectos que se producen en el producto.

PALABRAS CLAVE: Investigación bibliográfica, tecnología de alimentos, innovación alimentaria, fibra alimentaria, productos de panadería, productos de pastelería.

ABSTRACT

Currently, human beings seek changes in their diet, leaning towards foods that contribute positively to their body, this being an important factor for the study of new products with improved nutritional properties. Bakery and pastry products have been the object of study in various bibliographic sources, and in this work the bibliographical review demonstrated fibers and fiber sources that can be used in the preparation of bakery and pastry foods, highlighting that today, the most studied have been the fibers and fiber sources of vegetable origin. Adding fiber or fiber sources in the formulation of cookies, cakes, gluten-free breads, muffins, among others, can represent changes in the characteristics of the dough, the composition of the product, texture parameters, sensory analysis, glycemic index, among others. It is not possible to include fibers as positive or negative for the elaboration of a product, because the results of various studies show that the dough and the product to be elaborated are not only affected by the type of fiber or fiber source, it also depends on the amount used, the size of the fiber, the original formulation of the product and the manufacturing process. This work shows a bibliographic review about the effect of adding fibers in bakery and pastry products, establishing the fibers and/or fiber sources that can be used, analyzing the behavior and the effects that occur in the product.

KEY WORDS: Bibliographic research, food technology, food innovation, dietary fiber, bakery products, pastry products.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

Efecto de la adición de fibras para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería - Una revisión del conocimiento actual.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Los productos de panificación y pastelería son productos cuyo procedimiento difiere en gran medida por sus características y esto hace que cada uno de ellos tenga un sabor, textura, o forma diferente (**Delgado González & Sánchez-Lafuente, 2012**). Se define como pan a las masas que se producen con la mezcla de harina de trigo, sal comestible, agua potable y levadura que es la encargada de producir la fermentación de la masa. Los productos de pastelería son aquellos productos elaborados, fermentados o no, de diversa forma, tamaño y composición, integrados fundamentalmente por harinas, féculas, azúcares, grasas comestibles y otros productos alimenticios que se utilizan como sustancias complementarias” (**Bardón Iglesias, Belmonte Cortés, Fúster Lorán, Marino Hernando, & Ribes Ripoll, 2010**). Los productos de panificación y pastelería pueden incorporar aditivos y/o coadyuvantes tecnológicos autorizados, harina enriquecida, otros ingredientes con valor nutritivo, y además pueden o no llevar sal o levadura.

Hornear, y hornear pan específicamente, es una de las actividades más antiguas (**Edwards, 2007**), siendo hasta hoy este alimento parte de la alimentación diaria, al igual que los productos de pastelería. A pesar de ser productos muy consumidos, actualmente, la gente busca alternativas para disminuir el consumo de alimentos procesados y cuidar su salud. **Kubicová & Predanocyová (2018)**, mencionan que hay una disminución gradual del consumo de productos de panadería, lo cual puede deberse a que la gente sustituye el pan por otro tipo de alimentos.

Una forma en que los productos de panificación y pastelería sigan siendo consumidos frecuentemente es realizando una reformulación. **Estruch et al. (2020)** señala que la reformulación se basa en reducir los ingredientes que se perciben como dañinos a la

salud humana, y aumentar ingredientes que contribuyan a la salud como harina integral, fibra dietética, frutas, vegetales, y ácidos grasos insaturados, manteniendo un buen perfil nutricional y además que presente una textura aceptable y sea agradable al paladar.

Muchos productos horneados se caracterizan por una alta bioaccesibilidad del almidón y por lo tanto una respuesta glucémica alta (**Gómez & Martínez, 2018**), por tal motivo, los productos de panificación y pastelería pueden ser estudiados para su reformulación y adición de fibras en su elaboración con la finalidad de generar una respuesta glicémica baja. Las fibras generan diversos beneficios a la salud humana, como son la ayuda a la digestión y adsorción en el intestino delgado, aumentan la movilidad intestinal, además estimulan la fermentación colónica, contribuyen a la reducción de la glucemia postprandial (respuesta a la insulina) y a la reducción del colesterol preprandial (**Anal, 2017**).

El uso de fibras en productos de panificación y pastelería, resulta no solo importante en el ámbito de salud, sino también por los fines tecnológicos con los que se puede utilizar. **Cho & Dreher (2001)** mencionan que añadir fibra en los productos de panadería causa efectos en las propiedades reológicas de la masa, asimismo, **Hosseinian, Oomah, & Campos-Vega (2017)** mencionan que, se puede agregar fibras en la elaboración de pan para mejorar propiedades como aumento en su contenido de fibra, prolongar la frescura durante la vida útil o para manipular parámetros durante el proceso de elaboración como el tiempo de mezcla. Incorporar fibras en los productos de panificación y pastelería, puede tener un efecto negativo o positivo, por lo que, **Anal (2017)** menciona que, se puede tener beneficios tecnológicos, dependiendo la cantidad y fuente de fibra con la que se trabaje.

Finalmente, es importante recordar que ningún alimento es malo, su consumo excesivo es el que puede causar daño a la salud, por lo que se debería consumir los diversos tipos de alimentos de manera balanceada; y al igual que en la salud, los diversos tipos de fibras pueden resultar beneficiosos si se estudia ampliamente los cambios tecnológicos que pueden sufrir los productos de panadería y pastelería según la cantidad, fuente de fibra, y mezclas utilizadas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Realizar una revisión bibliográfica sobre el efecto de la adición de fibras para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Establecer los principales tipos de fibras que se utilizan en el desarrollo de productos de panificación y pastelería.
- Comparar el comportamiento de los tipos de fibras en la producción de productos de panificación y pastelería.
- Realizar un análisis sobre los efectos de las fibras empleadas en el desarrollo de productos de panificación y pastelería.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se realizó para este trabajo es la investigación bibliográfica, la cual según **Campos Ocampo (2017)**, se define como la investigación que utiliza textos, materiales intelectuales impresos o grabados, películas, música, pinturas, microfilmes y sitios de internet como fuentes primarias para obtener datos, recopilarlos, y posteriormente realizar una reflexión crítica e innovadora de lo planteado en dichas fuentes.

2.2 Materiales

Para la obtención de la información, se usó diferentes sitios web confiables y verídicos que cuentan con información bibliográfica de libros, artículos, revistas, tesis, entre otros, y los cuales sirvieron para el desarrollo del trabajo de titulación.

2.3 Técnicas

En este trabajo se usó la técnica documental, la cual, **Monroy Mejía & Nava Sanchezllanes (2018)**, mencionan que se realiza en el primer momento de la investigación para la revisión bibliográfica, luego para el planteamiento del problema, elaboración del marco teórico y organización de la información seleccionada, obteniendo de esta forma la indagación y análisis de la información documental.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Productos de panificación y pastelería.

Los productos de panificación son aquellas masas elaboradas normalmente con mezcla de harina de trigo, sal comestible, agua y levadura, pero también existen productos de panificación especiales, los cuales pueden incorporar aditivos y/o coadyuvantes tecnológicos autorizados, harina enriquecida, otros ingredientes con valor nutritivo, y además pueden o no llevar sal o levadura, asimismo, harinas sin gluten destinadas a personas intolerantes o alérgicas (**Delgado González & Sánchez-Lafuente, 2012**). La panificación y la pastelería, tienen sus diferencias, ya que la panificación se enfoca en la elaboración de panes, mientras que **Polo Hernán & Sastre Méndez (2017)** menciona que, la pastelería es la producción de productos relacionados con el dulce, pasteles, tartas, bollería, etc. Una diferencia principal entre panificación y pastelería es el tipo de harina a utilizar, **Sastre Méndez & Polo Hernán (2017)** indican que las harinas flojas o blandas tiene una proporción muy baja de gluten, alrededor del 8-9 %, por lo que es ideal para desarrollar pasteles, bizcochos, cupcakes, entre otros productos de pastelería.

La harina de trigo es el ingrediente principal en la elaboración de masa y pan (**Cauvain, 2012**), debido a que el trigo tiene la capacidad para interactuar y desarrollar la red de gluten, lo cual forma parte esencial en la elaboración de muchos productos de panificación (**Zhou, Therdthai, & Hui, 2014**), y debido a esta característica, se puede definir a la harina de trigo como harina convencional. **Galanakis (2019)** señala que, los productos con harina de trigo son bastante consumidos, sin embargo, existe gran demanda de las personas por consumir productos más saludables, por lo que la industria alimentaria cada vez está en desarrollo de nuevos productos.

En la industria de panificación se han desarrollado productos que sustituyen parcial o completamente el trigo por otros cereales (**Torbica, Belović, & Tomić, 2019**), estas harinas elaboradas con productos distintos al trigo se las puede denominar como harinas no convencionales. Las harinas no convencionales, especialmente de frutas, leguminosas y tubérculos son fuente de fibra y de compuestos bioactivos, por lo que,

son utilizadas para producir productos de panificación sin gluten, o producir productos de panificación funcionales **Zhou et al. (2014)**. En algunos casos las harinas no convencionales son buena fuente de fibra, pero en otros casos se fortifica la formulación del producto a elaborar con diversas variedades de fibras. **Galanakis (2019)** señala que, productos como pasteles, panes al vapor, galletas, etc. se han enriquecido con fibra, específicamente incorporando extraídos de fibra o concentrados de fibra.

3.2 Fibras

Existen diversas definiciones de fibra, y cada una de estas definiciones difieren entre sí dependiendo el área en la que se va a estudiar, ya sea composición química, efectos fisiológicos, o alimentos y procesamiento de alimentos (**Galanakis, 2019**). Sin embargo, **Hosseinian et al. (2017)**, mencionan que la definición más comúnmente utilizada es la siguiente: “las fibras dietéticas son oligosacáridos, polisacáridos y los derivados (hidrófilos) que no pueden ser digeridos por las enzimas digestivas del ser humano a componentes absorbibles en el tracto digestivo superior, y esto incluye ligninas”.

La administración de drogas y alimentos de los Estados Unidos (FDA) define y clasifica a las fibras dietéticas en tres grupos:

- Los carbohidratos no digeribles solubles e insolubles (con tres o más unidades monoméricas) y lignina que están intrínsecas e intactas en las plantas;
- Los carbohidratos no digeribles aislados o sintéticos (con tres o más unidades monoméricas) determinadas por la FDA que tienen efectos fisiológicos beneficiosos para la salud humana. Dentro de este grupo se encuentran: Fibra soluble β -glucano, cáscara de psyllium, celulosa, goma guar, pectina, goma de algarrobo e hidroxipropilmetilcelulosa.
- Los carbohidratos no digeribles sintéticos y aislados como: Fibras mixtas de pared celular vegetal, arabinosilano, alginato, inulina y fructanos de tipo inulina, almidón alto en amilosa (almidón resistente 2), galactooligosacárido, polidextrosa, maltodextrina / dextrina resistente.

Galanakis (2019)

Sharma et al. (2016) mencionan el concepto de fibra dietética total, indicando que es la suma de la fibra dietética obtenida de fuentes intrínsecas de plantas, más la fibra sintetizada o fabricada y luego añadida en alimentos (denominada fibra funcional); además se señala que cualquiera de estos dos tipos de fibra puede ser de origen vegetal, animal o microbiano, y dentro del grupo de origen animal y microbiano se encuentran la quitina, β -glucano de levadura, goma xantana, entre otros.

La fibra dietética se puede clasificar de diversas formas, entre ellas según la fuente de la que se obtuvo, y según su solubilidad, siendo esta última, la clasificación más común. Son fibras solubles aquellas fibras que son parcialmente solubles en agua y que no pueden ser digeridas ni absorbidas por el cuerpo humano (**Yang, Ma, Wang, & Zheng, 2017**). Este tipo de fibras tienen la capacidad de absorber agua provocando la formación de geles, y esto tiene efectos en la salud como mejora en el tiempo de tránsito en el tracto digestivo humano y provocan un retraso en el vaciado gástrico, conduciendo a una tasa reducida de absorción de glucosa (**Galanakis, 2019**). Las fibras solubles se fermentan fácilmente y esto puede provocar el aumento del volumen de las heces al promover el crecimiento del intestino y microflora fecal y sus subproductos como ácidos grasos de cadena corta, contribuyendo a normalizar la forma de las heces ya se ablandándolas durante el estreñimiento o reafirmando cuando se produce una diarrea (**Dai & Chau, 2017**). En el grupo de fibras solubles se encuentran la inulina, pectina, β -glucano, galactomananos, glucanos, povidona, psyllium, fructooligosacáridos y dextrina resistente (**Galanakis, 2019**).

Son fibras insolubles aquellas fibras que son insolubles en agua y que no pueden ser digeridas ni absorbidas por el cuerpo humano (**Yang et al., 2017**). Este tipo de fibras disminuyen el tiempo de tránsito intestinal y aumentan la masa fecal contribuyendo a aliviar el estreñimiento (**Soliman, 2019**). En el grupo de fibras insolubles se encuentran las celulosas, hemicelulosas, ligninas, almidones resistentes, arabinoxilanos y polisacáridos sin almidón (**Galanakis, 2019**).

3.3 Fuentes de fibras

La fibra dietética se puede clasificar según la fuente de la que se obtuvo: fibra dietética vegetal, fibra dietética sintética, fibra dietética animal y fibra dietética microbiana; siendo importante señalar que, los estudios actuales se han enfocado en la fibra

dietética vegetal (**Yang et al., 2017**), por tal motivo, a continuación se presentan varias fuentes de fibra de origen vegetal.

3.3.1 Frutas

La composición de la fibra dietética depende del tipo de fruta, pero como principales componentes se tiene a la celulosa, hemicelulosa y polisacáridos pécticos (**Samaan, 2017**). Las frutas y sus subproductos son buenas fuentes de fibra: los residuos de manzana provenientes de la extracción de jugos (orujo de manzana) contienen un 16,1% de fibra (**Galali, Omar, & Sajadi, 2020**); en los residuos de cítricos provenientes de la extracción de jugos y de las cáscaras de los cítricos (**Galanakis, 2019**), por ejemplo, en la pulpa y cáscaras de la naranja se encuentra alrededor del 35% – 37% de fibra dietética total (**Hussain, Jõudu, & Bhat, 2020**). Otras fuentes de fibra son las cáscaras del cacao y las cáscaras del grano de cacao que tienen aproximadamente 40% de fibra dietética (**Anal, 2017**); el mango, el cual durante su procesamiento para la obtención de jugo genera desechos como cáscaras y pulpa fibrosa muestran un contenido de aproximadamente 51% de fibra dietética total (**Hussain et al., 2020**). También se puede mencionar como fuentes de fibra, el café, su cáscara, su piel plateada y su pulpa; y la guayaba que generalmente es consumida fresca, sin embargo, a veces se la procesa para elaborar bebidas, almíbar, helados y mermeladas, siendo la fruta y sus subproductos fuente de fibra, además de poseer una alta capacidad antioxidante (**Galanakis, 2019**).

3.3.2 Vegetales

La fibra dietética de los vegetales varía según su composición dependiendo la parte anatómica estudiada, la variedad del vegetal, y su estado de maduración, pero, se puede mencionar componentes como celulosa y hemicelulosa (**Welti-Chanes, Serna-Saldívar, Campanella, & Tejada-Ortigoza, 2020**).

Los vegetales y sus subproductos son buenas fuentes de fibra: el orujo de tomate presenta 50% de fibra dietética total (**Sagar, Pareek, Sharma, Yahia, & Lobo, 2018**), las zanahorias y su pulpa, residuo de la extracción para obtener jugos, pueden tener un 64 – 70% de fibra dietética total, las capas de cebolla poseen fibra dietética en diversas proporciones, específicamente la piel de cebolla tiene 68,3% de fibra dietética total (**Hussain et al., 2020**). Otras fuentes vegetales de fibra son las cáscaras de las papas,

la coliflor, que posee altos índices de desperdicio por sus partes no comestibles como son las hojas y el tallo; el maíz, y sus subproductos como tallos, mazorcas, y el salvado de maíz **(Hussain et al., 2020)**.

3.3.3 Cereales

Los cereales contienen fibra dietética compuesta principalmente de hemicelulosa, cantidades pequeñas de celulosa, sustancias pectínicas y glicoproteínas. Dependiendo del cereal la cantidad de fibra y su composición es diferente, es así que en el trigo las paredes celulares del endospermo son ricas en hemicelulosa que contiene arabinosilanos; las paredes del arroz contienen celulosa en gran cantidad, y también poseen polisacáridos de pectina y arabinosilanos; y la cebada y avena están compuestas por hemicelulosa que contiene principalmente beta-glucanos **(Esteban, Mollá, & Benítez, 2017)**.

El grano de trigo contiene cantidades importantes de fibra, y la mayor parte de fibra está presente en las capas externas del grano, las cuales son denominadas como salvado de trigo **(Galanakis, 2019)**, específicamente el salvado de trigo posee 49,39% de fibra dietética **(Lin et al., 2019)**; el arroz integral es otra fuente de fibra, el cual durante la molienda produce como desecho el salvado de arroz, el cual contiene una apreciable cantidad de fibra; **Ciudad-Mulero, Fernández-Ruiz, Matallana-González, & Morales (2019)** mencionan que, la cebada tiene entre 10% a 27,9% de fibra dietética; y la avena contiene fibra en rangos de 9,8% a 37,7% . Otras fuentes de fibra son el centeno; y el arroz integral el cual durante la molienda produce como desecho el salvado de arroz **(Galanakis, 2019)**.

3.3.4 Leguminosas

Las leguminosas contienen fibra, especialmente fibra insoluble, la cual se compone principalmente de hemicelulosas y celulosa, sin embargo, esta composición varía de acuerdo a la especie, por ejemplo, los garbanzos y lentejas poseen fibra insoluble compuesta de arabinosilanos y celulosa; mientras que en los guisantes la fibra insoluble está formada principalmente por celulosa y polisacáridos pectínicos **(Esteban et al., 2017)**.

Las leguminosas y sus subproductos son buenas fuentes de fibra, la vaina de los guisantes contienen 59% de fibra dietética **(Luzardo-Ocampo, Cuellar-Nuñez,**

Oomah, & Loarca-Piña, 2020), la cáscara de los frejoles poseen fibra en valores de 77,35g/100g, y la semilla (fréjol) tiene valores entre 16,21 y 24,50g/100g (**Keskin et al.**). También son fuente de fibra la okara de soja; y la vaina de las habas (**Anal, 2017**).

3.4 Uso de fibras en productos de panificación y pastelería.

Las propiedades fisicoquímicas de las fibras como la solubilidad, la viscosidad, la capacidad de retención de agua y capacidad de unión de aceite, permiten usar a las fibras de diferentes formas y con diferentes propósitos tecnológicos. **Peris, Rubio-Arreaez, Castelló, & Ortolá (2019)** señala que, en el caso de los productos de panadería y pastelería los ingredientes como carbohidratos, grasas, y proteínas pueden ser reemplazados por sustancias más saludables como las fibras dietéticas.

Existen varios estudios en donde se analiza diversas fuentes de fibras y su uso con diversos propósitos tecnológicos y nutricionales en productos de panadería y pastelería como el salvado de trigo, almidón resistente y goma de algarrobo en la elaboración de pan (**Almeida, Chang, & Steel, 2013**); uso de cáscaras de plátano en el elaboración de pan plano egipcio (**Eshak, 2016**); utilización de fibra de naranja de grado alimenticio desamargada (extraída del subproducto del jugo de naranja) en pan brioche (**Caggia et al., 2020**); utilización de fibras de cítricos disponibles comercialmente en la elaboración de pan sin gluten (**Korus, Juszczak, Witczak, & Ziobro, 2020**); uso de polvo de orujo de zanahoria y el polvo de orujo de remolacha en galletas (**Parveen, Bajpai, Bhatia, & Singh, 2017**); uso de fibras de avena, guisante, manzana y limón en pasteles (**Aydogdu, Sumnu, & Sahin, 2018**); uso de goma persa y polvo de orujo de zanahoria en la elaboración de donas (**Nouri, Nasehi, Samavati, & Mehdizadeh, 2017**); empleo de polvo de hueso de aceituna en pasteles (**Jahanbakhshi & Ansari, 2020**); empleo de polvo de cáscaras de sandía en la elaboración de galletas (**Naknaen, Itthisoponkul, Sondee, & Angsombat, 2016**); entre otros.

3.5 Comportamiento de fibras en productos de panificación y pastelería.

Las propiedades fisicoquímicas de la fibra como solubilidad, la viscosidad, la capacidad de retención de agua y capacidad de unión de aceite, son responsables del comportamiento de la misma durante la elaboración del producto de panificación o pastelería, por lo que puede provocar en el producto final diversos efectos en la composición, características físicas, características organolépticas, entre otras.

Hosseinian et al. (2017) mencionan que, la fibra como aditivo alimentario puede tener un impacto positivo dependiendo del producto, ya que la fibra dietética puede interactuar con otros componentes del alimento; como agua, aceite, minerales, gluten, etc. (**Galanakis, 2019**) durante su procesamiento, y esto puede conducir a cambios en la biodisponibilidad de nutrientes, en la textura o el sabor del producto.

En los estudios de **Yilmaz & Karaman (2017)**, **Kırbaç, Kumcuoglu, & Tavman (2019)** y **Sangwan, Rani, & Malik (2020)**, donde se han incluido fuentes de fibra o fibra de frutas cítricas como naranja y toronja, se presenta disminución en los porcentajes de grasa del producto final. Otros aspectos en los que el comportamiento de las fuentes de fibra o fibras causan efecto, es en la textura del producto final, como se demuestra en los trabajos de **Aydogdu et al. (2018)**, quienes trabajan con fibras de limón y de manzana y **Heo, Kim, Lee, & Moon (2019)** quienes trabajan con fibra dietética del subproducto de kimchi, presentando en sus resultados aumento en la dureza del producto final.

3.6 Efecto de la adición de fibras en productos de panificación y pastelería

Las fuentes de fibras usadas y el producto de panificación y pastelería en el que se utiliza, causan efectos variados, en diferentes aspectos del alimento, por lo que a continuación se presentan detallados varios efectos que pueden provocar la adición de fibras en productos de panificación y pastelería.

3.6.1 Efectos en la masa

La adición de fibras en la formulación de productos de panificación y pastelería, puede provocar cambios en las propiedades de la masa como extensibilidad, tiempo de desarrollo de la masa, tenacidad, absorción de agua, etc, y esto a su vez afecta a el producto final a obtener.

3.6.1.1 Efecto en el tiempo de desarrollo de la masa

El tiempo de desarrollo de la masa es el tiempo de mezcla óptimo en el que se utiliza la máxima energía para que se desarrolle la red de gluten (**Packkia-Doss, Chevallier, Pare, & Le-Bail, 2019**). En el trabajo realizado por **Arı Akın, Tayfun, Tamer, & Boyacı (2021)**, la adición del 2,5%; 5,0%; 7,5%; y 10% de fibra de té provoca un

incremento significativo en el tiempo de desarrollo de la masa en comparación con la muestra control que no contiene fibra, específicamente la muestra sin fibra presenta un tiempo de desarrollo de la masa de $1,50\pm 0,06$ minutos, mientras que para el pan con 10% de fibra es $8,75\pm 0,42$ minutos. De manera similar, **Usman et al. (2020)** indica que la adición del 5%, 10%, 15%, 20%, y 25% de polvo de pulpa de manzana en galletas provoca el aumento del tiempo de desarrollo de la masa, específicamente la muestra control que no contiene polvo de pulpa de manzana presenta un tiempo de desarrollo de la masa de 6,21 minutos mientras que la galletas con 25% de polvo de pulpa de manzana presentó un valor de 8,50 min; señalando que el aumento del tiempo de desarrollo de la masa se debe al desarrollo tardío del gluten. Por el contrario, **Mohebbi, Homayouni, Azizi, & Hosseini (2018)** menciona que, al añadir en la formulación para pan el 5,5% de almidón resistente, 10,5% de almidón resistente, o 1% de beta-glucano provoca disminución significativa en el tiempo de desarrollo de la masa, concretamente la muestra control sin fibra presentó un tiempo de desarrollo de la masa de $1,95\pm 0,25$ minutos, y el pan con 10,5% de almidón resistente y el pan con 1% de beta-glucano presentaron un valor de $1,30\pm 0,10$ minutos y $1,55\pm 0,55$ minutos respectivamente.

3.6.1.2 Efecto en la extensibilidad de la masa

La extensibilidad de la masa es la medida de la masa al estirarse antes de rasgarse (**Selim, Ismaael, & Abdel Bary, 2019**). Añadir salvado de trigo en la formulación para elaborar pan provoca disminución en los valores de extensibilidad de la masa, específicamente se presenta una diferencia significativa entre la muestra que contiene 24% de salvado de trigo con $55,8\pm 5,5$ mm mientras que la muestra control que no contiene salvado de trigo presenta $60,9\pm 8,2$ mm (**Packkia-Doss et al., 2019**). De manera similar, en el estudio realizado por **Selim et al. (2019)**, en donde se añade subproducto de jugo de naranja en la formulación para elaborar pasteles, se presenta disminución en la extensibilidad de la masa, teniendo un valor de 170 mm para la muestra control que no contenía el subproducto de jugo de naranja, mientras que la muestra con 5% del subproducto de jugo de naranja presenta un valor de 110 mm. Algo parecido sucede en el estudio realizado por **Ari Akin et al. (2021)**, en donde se menciona que, añadir fibra de té para la preparación de pan provoca disminución en la extensibilidad de la masa, teniendo valores de $78,00\pm 5,78$ mm y $13,75\pm 1,50$ mm para

la muestra control sin fibra y para la muestra con 10% de fibra, respectivamente; sin embargo, es importante mencionar que en este estudio no existe diferencia significativa entre los valores de extensibilidad de las muestras con 5%, 7,5% y 10% de fibra de té.

Artículos similares, en los que se ha estudiado la adición de fibras o fuentes de fibras en productos de panificación y pastelería y que han provocado variaciones en diferentes características de la masa, se encuentran citados en la siguiente tabla.

Tabla 1: Fuentes de fibra y efecto en la masa de productos de panificación y pastelería.

FUENTE DE FIBRA	PRODUCTO	EFFECTO	REFERENCIA
Fibra de cítricos disponible comercialmente	Pan sin gluten	Variación en las características de la masa.	(Korus et al., 2020)
Concentrados de fibra de orujo de frambuesa	Galletas sin gluten	Variación en las características de la masa.	(Šarić et al., 2019)
Concentrados de fibra de orujo de arándano	Galletas sin gluten	Variación en las características de la masa.	(Šarić et al., 2019)
Concentrados de fibra de orujo de frambuesa más arándano	Galletas sin gluten	Variación en las características de la masa.	(Šarić et al., 2019)
Fibra de limón	Pastel	Variación en las características de la masa.	(Aydogdu et al., 2018)
Fibra de manzana	Pastel	Variación en las características de la masa.	(Aydogdu et al., 2018)
Fibra de arveja	Pastel	Variación en las características de la masa.	(Aydogdu et al., 2018)
Fibra de avena	Pastel	Variación en las características de la masa.	(Aydogdu et al., 2018)
Orojo de manzana	Pastel sin gluten	Variación en las características de la masa.	(Kırbaş et al., 2019)
Orojo de zanahoria	Pastel sin gluten	Variación en las características de la masa.	(Kırbaş et al., 2019)
Orojo de naranja	Pastel sin gluten	Variación en las características de la masa.	(Kırbaş et al., 2019)
Fibras cítricas	Pan	Variación en las características de la masa.	(Dabija & Codină, 2019)

Polvo de hueso de aceituna	Bizcocho esponjoso (sponge cake)	Variación en las características de la masa.	(Jahanbakhshi & Ansari, 2020)
Subproducto de jugo de naranja	Bizcocho esponjoso (sponge cake)	Variación en características de la masa.	(Selim et al., 2019)
Hidroxipropilmetilcelulosa	Pan sin gluten	Variación en las características de la masa.	(Djordjević et al., 2019)
Fibra de remolacha azucarera	Pan sin gluten	Variación en las características de la masa.	(Djordjević et al., 2019)
Fibra de manzana	Pan sin gluten	Variación en las características de la masa.	(Djordjević et al., 2019)
Polvo de vaina de arveja	Pan de trigo sarraceno	Variación en las características de la masa.	(Hanan, Rudra, Sharma, Sagar, & Sehgal, 2021)
Fibras de bambú de grano fino	Galletas de azúcar	Variación en las características de la masa.	(Mancebo, Rodríguez, Martínez, & Gómez, 2018)
Fibras de bambú de grano grueso	Galletas de azúcar	Variación en las características de la masa.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra de papa	Galletas de azúcar	Variación en las características de la masa.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra de arveja	Galletas de azúcar	Variación en las características de la masa.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra nutriose	Galletas de azúcar	Variación en las características de la masa.	(Mancebo et al., 2018)
Polidextrosa	Galletas de azúcar	Variación en las características de la masa.	(Mancebo et al., 2018)
Inulina	Galletas de azúcar	Variación en las características de la masa.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra dietética soluble de salvado de arroz desgrasado	Galletas	Variación en las características de la masa.	(Jia et al., 2020)
Fibra de té	Pan	Variación en las características de la masa.	(Arı Akın et al., 2021)
Fibra dietética de residuos de procesamiento de pimienta (<i>Capsicum annum L.</i>)	Pan	Variación en las características de la masa.	(Mastilović et al., 2018)
Almidón resistente	Pan	Variación en las características de la masa.	(Mohebbi et al., 2018)
Beta-glucano	Pan	Variación en las características de la masa.	(Mohebbi et al., 2018)
Salvado de trigo	Pan	Variación en las características de la masa.	(Packkia-Doss et al., 2019)

Polvo de pulpa de manzana	Galletas	Variación en las características de la masa.	(Usman et al., 2020)
Fibra insoluble de tomate	Galletas	Variación en las características de la masa.	(Chouaibi, Rezig, Boussaid, & Hamdi, 2019)
Subproducto de pulpa de cereza de café	Pan	Variación en las características de la masa.	(Rosas-Sánchez, Hernández-Estrada, Suárez-Quiroz, González-Ríos, & Rayas-Duarte, 2021)

3.6.2 Efectos en el producto final

3.6.2.1 Efecto en el contenido de humedad

Todos los productos de panadería poseen diferentes valores de humedad, provocando las características físicas y sensoriales característicos de cada uno, por tal motivo es importante identificar y seleccionar la fuente de fibra y el producto final a elaborar. Según la **NTE INEN 2945 (2016)**, el valor máximo de humedad para el pan, pan común, pan especial, pan integral y pan integral especial es de 45%; mientras que para galletas según **NTE INEN 2085 (2005)**, el valor máximo de humedad es del 10%.

En varios estudios se analiza el contenido de humedad de muestras que fueron trabajadas con fuentes de fibra en comparación con una muestra control que no tiene añadida una fuente de fibra en su formulación. La humedad es un parámetro importante al analizar un alimento, ya que dependiendo de la cantidad de agua que tenga un producto puede afectar sus características físicas y sensoriales, o puede ser más propenso al crecimiento de bacterias y mohos.

En el estudio de **Silchuk, Nazar, & Golikova (2017)** se reporta 43%, 44%, y 45% de humedad en muestras de pan en donde se utiliza celulosa de papa en porcentajes de 3%, 5% y 7% al peso de harina de trigo; **Alazb, El Sahy, El-Rahman, Sulieman, & Youssif (2021)** estudia pasteles en los cuales se reemplaza harina de trigo por polvo de orujo de tomate, polvo de semillas de mango, y polvo de cáscaras de granada, observando que con el reemplazo del 10% se tienen valores de 25,04%, 23,90% y 26,84% respectivamente; en el trabajo de **Parveen et al. (2017)** donde se trabaja con

polvo de orujo de remolacha y zanahoria en galletas, experimentando con un porcentaje constante de polvo de orujo de remolacha más el 5%; 7,5% y 10% de polvo de orujo de zanahoria; en todos estos estudios mencionados existe un aumento en el contenido de humedad al agregar la fuente de fibra en relación con la muestra control, y mientras mayor fue el contenido de la fibra añadida mayor era el contenido de humedad. **(Ballester-Sánchez, Fernández-Espinar, & Haros, 2020)** desarrollaron panes con la inclusión de harina de quinua roja (26g/100g en base a harina de trigo), fibra obtenida por molienda seca (5g/100g en base a harina), o fibra obtenida por molienda húmeda (5g/100g en base a harina), dando como resultado en cualquiera de los tres casos un aumento en el contenido de humedad en comparación con las muestras de control elaborados con harina de trigo.

Es importante destacar que el contenido de humedad que puede presentar el producto final no depende solamente de la cantidad de fibra añadida, sino que también puede depender del tamaño de la fibra que se utiliza en la preparación del alimento. **Erinc, Mert, & Tekin (2018)** estudiaron muestras de galletas bajas en grasa, añadiendo en diferentes muestras el 10%, 20% y 30% de fibras de salvado de trigo de diferentes tamaños: grande, mediano y pequeño, obteniendo que cada uno de los diferentes tamaños de partículas tenían una capacidad de retención de agua diferente, con valores de $320 \pm 20,5\%$ para las fibras largas, $488 \pm 22,2\%$ para las fibras medianas y $595 \pm 25,1\%$ para las fibras pequeñas, siendo este valor mayor para las fibras pequeñas, y a su vez esta capacidad de retención de agua provocó que el valor de humedad de las galletas fuera más alto en aquellas elaboradas con las fibras de ese tamaño.

Algunos trabajos han evaluado el contenido de humedad de productos de panificación y pastelería durante cierto periodo de almacenamiento, como es el caso del estudio realizado por **(Caggia et al., 2020)**, quienes trabajaron añadiendo fibra de naranja de grado alimenticio desamargada extraída del subproducto del jugo de naranja en la formulación de pan brioche, reemplazando grasa por fibra en diferentes porcentajes, y al analizar el contenido de humedad en muestras del día de la elaboración del pan, al día siguiente, y al quinto día de almacenamiento, se menciona que hay un aumento en el contenido de humedad, específicamente la muestra sin fibra presenta un valor aproximado de 24% en el día que se elaboró, mientras que, la muestra con 70% de fibra en el quinto día de almacenamiento, presenta un valor aproximado de 28%. Resultados similares se encuentra en el trabajo de **Żbikowska et al. (2020)** quienes

elaboraron muffins y redujeron el 20%, 40%, 60% y 80% de grasa, y agregaron β -glucano de origen microbiano como fuente de fibra en valores de 1%, 2%, 3%, y 4% respectivamente, mencionan que el contenido de humedad aumentaba al aumentar la cantidad fuente de fibra, sin embargo, mientras transcurren los días de almacenamiento, específicamente en el día 7 y 14, se observó un descenso del contenido de agua, siendo el más notorio en la muestra que contenía 4% de β -glucano, pero a pesar de lo mencionado, esta muestra presentó el valor más alto de contenido de agua desde que se elaboró hasta el día 14 de almacenamiento.

En el gráfico 1 se puede observar la variación de humedad de diversos alimentos en productos en los cuales se ha añadido diversas fuentes de fibra, específicamente, las barras hacia la izquierda representan disminución del contenido de humedad y las barras hacia la derecha representan aumento del contenido de humedad.

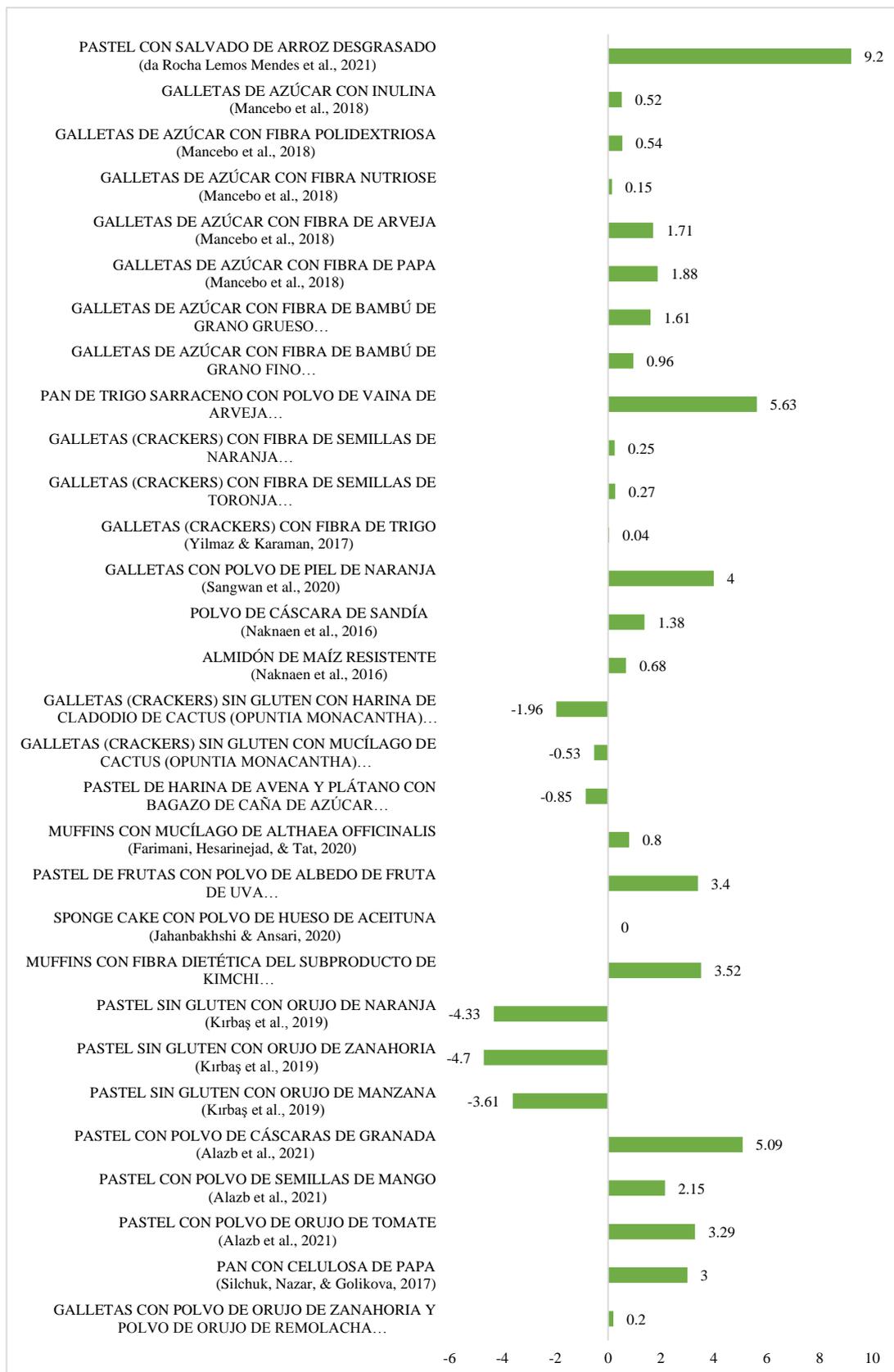


Gráfico 1: Variación del porcentaje de humedad en productos de panificación y pastelería.

3.6.2.2 Efecto en el contenido de cenizas

La cantidad de cenizas que existe en un alimento es indicador del contenido total de minerales que posee (**Zumbado Fernández, 2020**), valores que varían dependiendo del alimento analizado. Hay estudios en los cuales hubo un aumento del contenido de cenizas del producto final, tal es el caso de **Parveen et al. (2017)**, quienes trabajan con diferentes porcentajes de polvo de orujo de zanahoria más el 1% de polvo de orujo de remolacha, y el trabajo de **Qureshi et al. (2017)** quienes añaden polvo de albedo de fruta de uva en pasteles de fruta, mencionando en ambos estudios que el aumento del contenido de cenizas, puede deberse al alto porcentaje de minerales que tiene la fibra usada. A diferencia de esto, también existen estudios en los que se observa una disminución del contenido de cenizas, como por ejemplo, en el estudio realizado por **Naknaen et al. (2016)** donde se añade almidón de maíz resistente en galletas.

En la gráfica 2 se representa el aumento (barras hacia la derecha) o la disminución (barras hacia la izquierda) de los porcentajes de ceniza de diversos productos en los cuales se ha añadido diversas fuentes de fibra.

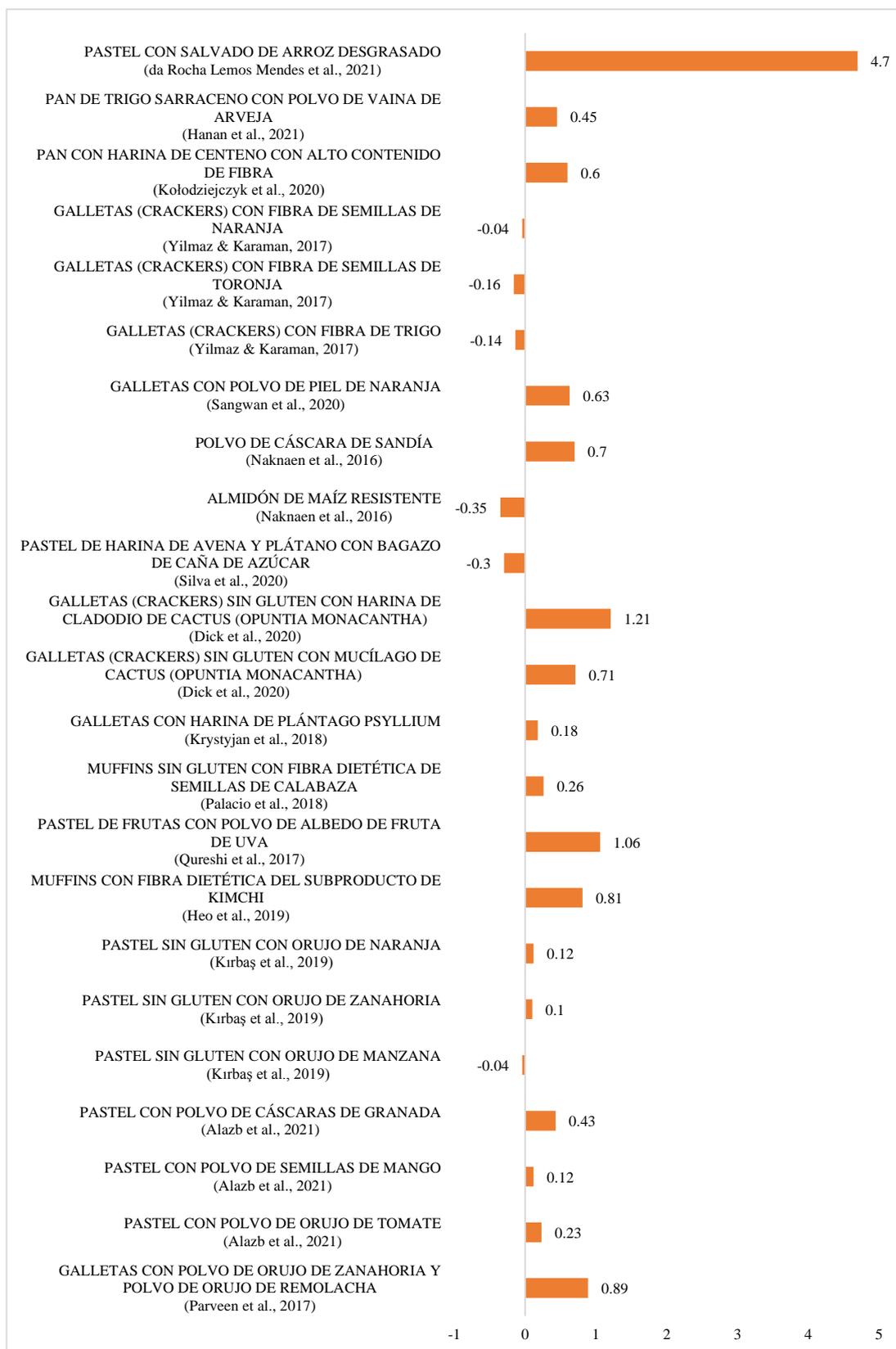


Gráfico 2: Variación del porcentaje de cenizas en productos de panificación y pastelería.

3.6.2.3 Efecto en el contenido de grasa

En la gráfica 3 se muestran varios trabajos en los que se ha analizado la grasa de los productos a los que se ha añadido fibra. La adición de polvo de cáscara de naranja en galletas, provoca disminución significativa en los valores de grasa del producto, concretamente la muestra control sin fuente de fibra tiene $19,66 \pm 0,882\%$ de grasa y la muestra con 20% de polvo de cáscara de naranja presenta un valor de $15,33 \pm 0,333\%$ de grasa (**Sangwan et al., 2020**). **Yilmaz & Karaman (2017)** indica que, al añadir fibra de trigo, fibra de semillas de toronja, o fibra de semillas de naranja en galletas (crackers) provoca disminución en los valores de grasa, sin embargo, estos valores no muestran diferencia estadísticamente significativa en comparación con la muestra control. Al contrario de lo señalado, **Palacio, Etcheverría, & Manrique (2018)** señala un aumento significativo en el valor de grasa de los muffins libre de gluten que contenían en su formulación harina de semillas de calabaza.

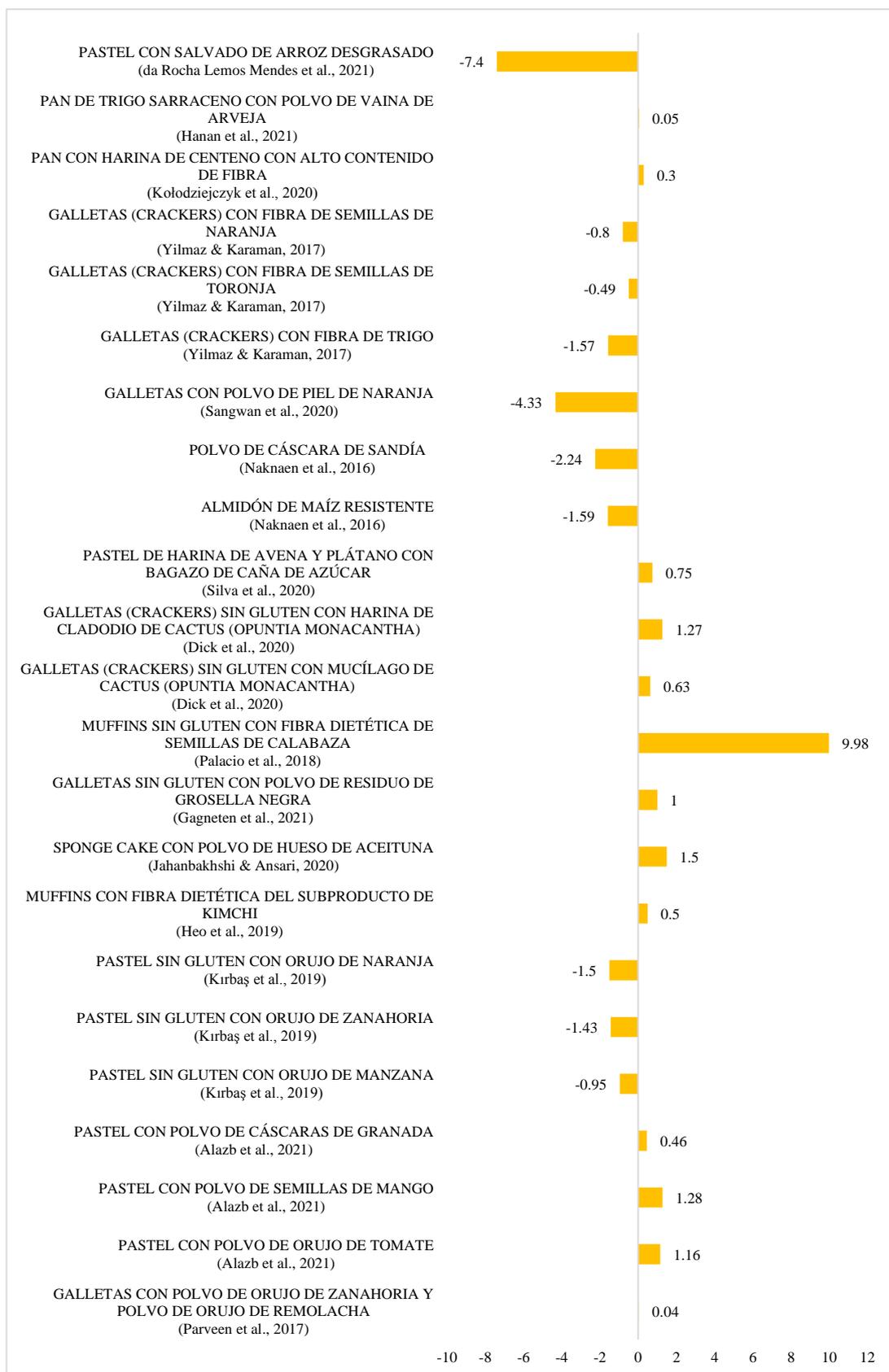


Gráfico 3: Variación del porcentaje de grasa en productos de panificación y pastelería.

3.6.2.4 Efecto en el contenido de proteína

Las proteínas también están presentes en los productos de panadería, y diversos estudios han analizado la cantidad de proteínas una vez que se ha añadido la fuente de fibra en la formulación del producto. En la gráfica 4 se representa el aumento (barras hacia la derecha) o la disminución (barras hacia la izquierda) de los porcentajes de proteína de los productos en los cuales se ha añadido fuentes de fibra.

Como se puede observar en la gráfica 4, la adición de fuentes de fibra provoca en algunos casos, aumento o disminución del contenido de proteína del producto final. El aumento o disminución de la cantidad de proteína en los diversos productos de panificación y pastelería, tiene relación con la cantidad de proteína que presenta la fuente de fibra agregada, tal como lo señala **Krystyjan, Gumul, Korus, Korus, & Sikora (2018)**, que al añadir harina de zaragatona (*plantago psyllium*) en galletas, presentó disminución en su valor de proteína, indicando que esto puede deberse a que, esta harina poseía 50% menos proteínas que la harina de trigo sustituida. En el trabajo de **Sangwan et al. (2020)**, también se observa disminución de los valores de proteína de las galletas que contenían 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de cáscara de naranja en comparación con la muestra control que no contenía fuente de fibra, específicamente la muestra con 20% de polvo de cáscara de naranja presenta un valor de $7,36 \pm 0,928\%$ y la muestra control $9,23 \pm 0,088\%$. Por el contrario, **Palacio et al. (2018)** al añadir fibra dietética de semillas de calabaza en muffins libres de gluten, señala un aumento en los valores de proteína, específicamente la muestra con 20% de fibra tiene un valor de $10,76 \pm 0,04$ g/100g, y la muestra control sin fibra tiene un valor de proteína de $5,45 \pm 0,14$ g/100g.

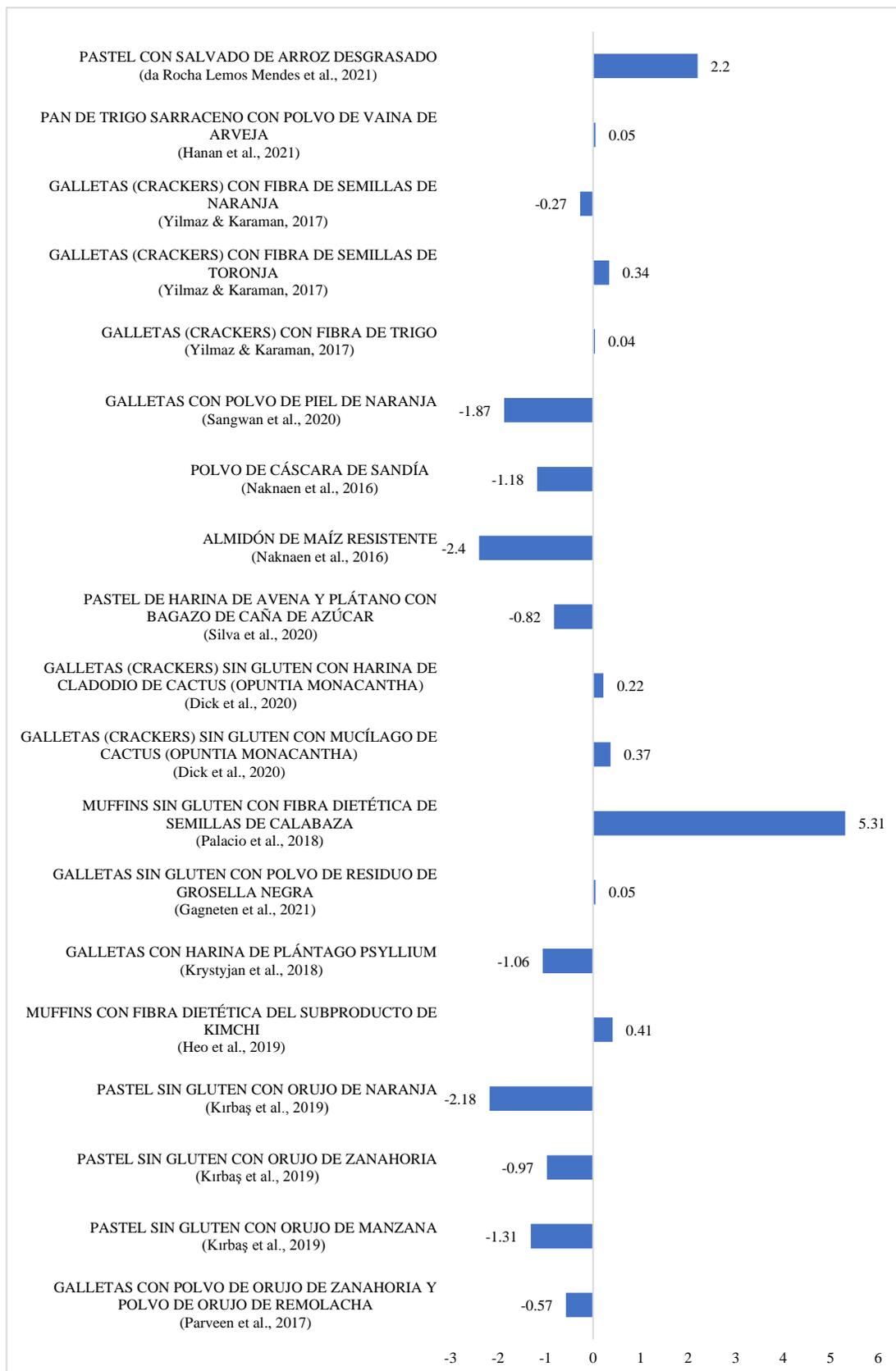


Gráfico 4: Variación del porcentaje de proteína en productos de panificación y pastelería.

3.6.2.5 Efecto en la cantidad de fibra

Al incorporar fibra en los productos de panadería y pastelería se busca convertir estos productos en alimentos con diversos beneficios para la salud del ser humano, de ahí la importancia de identificar la cantidad de fibra que se tiene en un producto final cuando se adiciona como ingrediente alguna fuente de fibra. El gráfico 5 muestra la variación del porcentaje de fibra dietética, y como se puede observar todos los estudios revelan un aumento de fibra en el producto final en comparación con las muestras de control, con excepción del estudio de **Dick, Limberger, Cruz Silveira Thys, de Oliveira Rios, & Hickmann Flôres (2020)**, quienes al añadir mucílago de cactus (*opuntia monacantha*) en galletas crackers libre de gluten, muestran disminución en el porcentaje de fibra, con valores de $4,48 \pm 0,28\%$ para la muestra control sin mucílago y $3,20 \pm 0,26\%$ para la muestra con mucílago.

Es relevante destacar que, ciertos estudios señalan que a medida que se aumenta la cantidad de fuente de fibra añadida en la formulación del alimento, el valor de fibra dietética del producto final es mayor. Por mencionar algunos de los trabajos donde se observa este fenómeno, se tiene: **Šarić et al. (2019)** en su trabajo donde se elaboró galletas con concentrados de fibra de orujo de arándano, concentrados de fibra de orujo de frambuesa, y concentrados de fibra de orujo de arándano más frambuesa, teniendo el valor más alto de fibra dietética en la muestra con 30% de arándano con un valor de $7,45 \pm 0,0286\%$, mientras que la muestra control sin la fuente de fibra presentaba un valor de $0,15 \pm 0,0009\%$. De manera similar, **Alazb et al. (2021)**, quienes trabajaron con polvo de orujo de tomate, polvo de semillas de mango y polvo de cáscaras de granada para elaborar pasteles reemplazando la harina de trigo en porcentajes de 2,5%; 5%; 7,5% y 10%, presentan aumento en sus valores de fibra, concretamente, se tiene un valor de 2,65% en la muestra control, mientras que la cantidad más alta de fibra dietética fue en la muestra con 10% de polvo de cascará de granada; de igual manera, **Sangwan et al. (2020)**, quienes trabajaron con galletas, y reemplazando en su formulación la harina refinada por polvo de piel de naranja en cantidades del 5%, 10%, 15% y 20% presenta un valor de $2,70 \pm 0,058\%$ para la muestra sin la fuente de fibra, mientras que la muestra con 20% de polvo de piel de naranja presenta un valor de $13,33 \pm 0,088\%$.

Un alimento puede declararse como fuente de fibra si contiene mínimo 3 gramos de fibra por 100 gramos; y como alimento con alto contenido de fibra si contiene como mínimo 6 gramos de fibra por 100 gramos (**Diario Oficial de la Unión Europea, 2007**). En base a esta normativa y según los resultados obtenidos por algunos de los artículos, se puede indicar que el añadir fuentes de fibra a productos de panadería y pastelería puede convertirlos en productos que pueden catalogarse como alimentos que son fuente de fibra, o como alimentos con alto contenido de fibra.

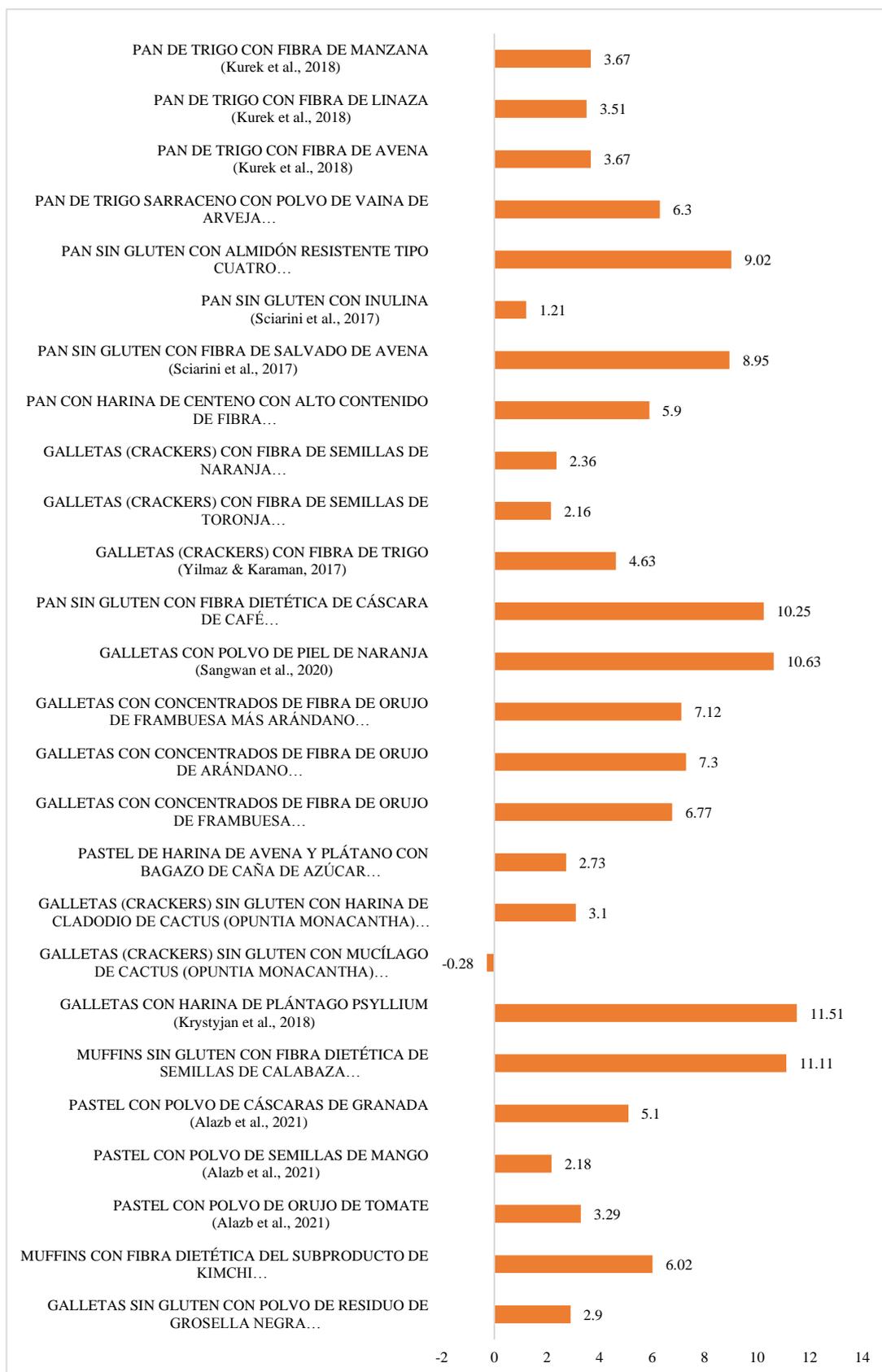


Gráfico 5: Variación del porcentaje de fibra dietética en productos de panificación y pastelería.

Tabla 2: Fuentes de fibras y efectos en la composición de productos de panificación y pastelería.

FUENTE DE FIBRA	PRODUCTO	EFECTO	REFERENCIA
Fibra de naranja de grado alimenticio desamargada	Pan brioche	Aumento del contenido de humedad, proteínas, Disminución del contenido de grasa,	(Caggia et al., 2020)
Polvo de orujo de zanahoria más el 1% de polvo de orujo de remolacha	Galletas	Aumento del contenido de humedad, grasa, cenizas. Disminución del contenido de proteínas y carbohidratos.	(Parveen et al., 2017)
Quinoa roja	Pan	Aumento del contenido de humedad.	(Ballester-Sánchez et al., 2020)
Celulosa de papa	Pan	Aumento en el contenido de humedad.	(Silchuk et al., 2017)
Polvo de orujo de tomate	Pastel	Aumento en el contenido de humedad, grasa, cenizas, fibra.	(Alazb et al., 2021)
Polvo de semillas de mango	Pastel	Aumento en el contenido de humedad, grasa, cenizas, fibra.	(Alazb et al., 2021)
Polvo de cáscaras de granada	Pastel	Aumento en el contenido de humedad, grasa, cenizas, fibra.	(Alazb et al., 2021)
Concentrados de fibra de orujo de frambuesa	Galletas gluten	sin Aumento del contenido de fibra.	(Šarić et al., 2019)
Concentrados de fibra de orujo de arándano	Galletas gluten	sin Aumento del contenido de fibra.	(Šarić et al., 2019)
Concentrados de fibra de orujo de frambuesa más arándano	Galletas gluten	sin Aumento del contenido de fibra.	(Šarić et al., 2019)
Polvo de piel de naranja	Galletas	Aumento del contenido de humedad, cenizas, fibra. Disminución del contenido de grasa, proteína.	(Sangwan et al., 2020)
Polvo de cáscara de sandía	Galletas	Aumento del contenido de humedad, cenizas. Disminución del contenido de proteína, grasa.	(Naknaen et al., 2016)
Almidón de maíz resistente	Galletas	Aumento del contenido de humedad. Disminución del contenido de proteína, cenizas, grasa.	(Naknaen et al., 2016)

Fibra dietética de cáscara de café	Pan sin gluten	Aumento del contenido de fibra.	(Rios et al., 2020)
Orujo de manzana	Pastel sin gluten	Disminución del contenido de humedad, grasa, proteína, cenizas.	(Kırbaş et al., 2019)
Orujo de zanahoria	Pastel sin gluten	Disminución del contenido de humedad, grasa, proteína. Aumento del contenido de cenizas.	(Kırbaş et al., 2019)
Orujo de naranja	Pastel sin gluten	Disminución del contenido de humedad, grasa, proteína. Aumento del contenido de cenizas.	(Kırbaş et al., 2019)
Polvo de residuo de grosella negra	Galletas sin gluten	Aumento del contenido de fibra, grasa, proteína.	(Gagnetten et al., 2021)
Fibra dietética de semillas de calabaza	Muffins sin gluten	Aumento del contenido de grasa, proteína, cenizas, fibra.	(Palacio et al., 2018)
Fibra dietética del subproducto de kimchi (Polvo de hoja exterior de col china)	Muffins	Aumento del contenido de humedad, grasa, proteína, cenizas, fibra.	(Heo et al., 2019)
Harina de plantago psyllium	Galletas	Disminución del contenido de proteína. Aumento del contenido de cenizas, fibra.	(Krystyjan et al., 2018)
Mucílago de cactus (<i>Opuntia monacantha</i>)	Galletas (crackers) sin gluten	Disminución del contenido de humedad, fibra. Aumento del contenido de grasa, proteína, ceniza.	(Dick et al., 2020)
Harina de cladodio de cactus (<i>Opuntia monacantha</i>)	Galletas (crackers) sin gluten	Disminución del contenido de humedad. Aumento del contenido de grasa, proteína, cenizas, fibra.	(Dick et al., 2020)
Mucílago de <i>Althaea officinalis</i>	Cupcakes	Aumento del contenido de humedad.	(Farimani, Hesarinejad, & Tat, 2020)
Bagazo de caña de azúcar	Pastel de harina de avena y plátano	Disminución del contenido de humedad, proteína, cenizas. Aumento del contenido de grasa, fibra.	(Silva, Correa, Kanai, & Shirai, 2020)
Polvo de hueso de aceituna	Bizcocho esponjoso (sponge cake)	Se mantiene el contenido de humedad. Aumento del contenido de grasa.	(Jahanbakhshi & Ansari, 2020)
Polvo de albedo de fruta de uva	Pastel de frutas	Aumento del contenido de humedad, cenizas.	(Qureshi et al., 2017)

Fibra de trigo	Galletas (crackers)	Aumento del contenido de humedad, proteína, fibra dietética. Disminución del contenido de grasa, ceniza.	(Yilmaz & Karaman, 2017)
Fibra de semillas de toronja	Galletas (crackers)	Aumento del contenido de humedad, proteína, fibra dietética. Disminución del contenido de grasa, ceniza.	(Yilmaz & Karaman, 2017)
Fibra de semillas de naranja	Galletas (crackers)	Aumento del contenido de humedad, fibra dietética. Disminución del contenido de grasa, proteína, ceniza.	(Yilmaz & Karaman, 2017)
Harina de centeno con alto contenido de fibra	Pan integral de centeno	Aumento del contenido de ceniza, fibra dietética.	(Kołodziejczyk, Michniewicz, Buchowski, & Paschke, 2020)
Inulina	Pan sin gluten	Aumento del contenido de fibra dietética.	(Sciarini et al., 2017)
Fibra de salvado de avena	Pan sin gluten	Aumento del contenido de fibra dietética.	(Sciarini et al., 2017)
Almidón resistente tipo cuatro	Pan sin gluten	Aumento del contenido de fibra dietética.	(Sciarini et al., 2017)
Polvo de vaina de arveja	Pan de trigo sarraceno	Aumento en valores de humedad, grasa, proteína, fibra dietética.	(Hanan et al., 2021)
Fibras de bambú de grano fino	Galletas de azúcar	Aumento del contenido de humedad.	(Mancebo et al., 2018)
Fibras de bambú de grano grueso	Galletas de azúcar	Aumento del contenido de humedad.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra de papa	Galletas de azúcar	Aumento del contenido de humedad.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra de arveja	Galletas de azúcar	Aumento del contenido de humedad.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra nutriose	Galletas de azúcar	Aumento del contenido de humedad.	(Mancebo et al., 2018)
Polidextrosa	Galletas de azúcar	Aumento del contenido de humedad.	(Mancebo et al., 2018)
Inulina	Galletas de azúcar	Aumento del contenido de humedad.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra de avena	Pan de trigo	Aumento del contenido de fibra dietética.	(Kurek, Wyrwisz, Karp, & Wierzbicka, 2018)
Fibra de linaza	Pan de trigo	Aumento del contenido de fibra dietética.	(Kurek et al., 2018)
Fibra de manzana	Pan de trigo	Aumento del contenido de fibra dietética.	(Kurek et al., 2018)
Salvado de arroz desgrasado	Pastel	Aumento del contenido de humedad, cenizas y proteína.	(da Rocha Lemos Mendes, Souto)

Disminución del contenido de grasa	Rodrigues, de las Mercedes Salas-Mellado, Fernandes de Medeiros Burkert, & Badiale-Furlong, 2021)
------------------------------------	---

3.6.2.6 Efecto en las características físicas

Los productos de panificación y pastelería presentan diversas características físicas como grosor, volumen, diámetro, peso, entre otros; que son propias de cada producto, y que varían de forma positiva o negativa cuando en la formulación se agrega alguna fuente de fibra.

Los estudios de **Parveen et al. (2017)**, **Šarić et al. (2019)**, **Yilmaz & Karaman (2017)**, **Mancebo et al. (2018)** han mostrado que al trabajar con galletas y estudiando varias características se obtienen buenos resultados en torno a las propiedades físicas de los productos finales. **Dick et al. (2020)** señala que la adición de 5 y 10% de harina de cladodio de cactus (*Opuntia monacantha*) en galletas crackers provoca una disminución significativa del grosor en comparación con la muestra control que contiene gomas comerciales carboximetilcelulosa y goma xantana. Por el contrario, **Šarić et al. (2019)** en su estudio en el que trabaja con concentrados de fibra de arándano y frambuesa en galletas libre de gluten, indica que, al añadir 30% de concentrado de fibra de frambuesa en la formulación provoca un aumento en el grosor de las galletas de $10,56 \pm 0,05$ mm a $10,91 \pm 0,10$ mm

En el desarrollo de pasteles (cakes) la adición del 5%, 10% y 15% de orujo de manzana u orujo de zanahoria provoca una disminución significativa en el volumen específico de los pasteles libres de gluten, en comparación con la muestra control que tiene un volumen específico de $2,32 \pm 0,16$ cm³/g mientras que se tiene valores de $1,75 \pm 0,05$ cm³/g y $1,56$ cm³/g para las muestras con 15% de orujo de manzana y orujo de zanahoria respectivamente (**Kırbaş et al., 2019**). Resultados similares se muestran en el estudio de **Selim et al. (2019)**, quienes identifican que la adición de subproductos de zumo de naranja como fuente de fibra provoca una disminución significativa del volumen específico de las muestras en comparación con el control, señalando que este factor, puede deberse a la dilución del gluten, y a la interacción entre el gluten y la

fibra del subproducto de zumo de naranja, específicamente el pastel con el 10% de subproductos de jugo de naranja tiene un valor de $0,55 \pm 0,01 \text{ cm}^3/\text{g}$ y el control tiene un valor de $1,18 \pm 0,01 \text{ cm}^3/\text{g}$. Por el contrario, **Kırbaş et al. (2019)** indica que, la adición del 5% de orujo de naranja en pasteles libre de gluten no provoca diferencia significativa en el valor de volumen específico en comparación con la muestra control. En productos como panes **Arı Akin et al. (2021)** mostró que el pan con 5%, 7,5% y 10% de fibra de té tiene un volumen significativamente menor en comparación con la muestra control que contenía harina de trigo y no se añadió fibra. A diferencia de esto, la adición de 3% y 4,5% de fibra dietética de cáscara de café en premezcla sin gluten para pan no provoca diferencias en el volumen en comparación con la muestra control (**Rios et al., 2020**).

En la tabla 2 se citan varios artículos en los que se ha trabajado con diversas fuentes de fibras, y que han afectado en las características físicas del producto de panificación y pastelería.

3.6.2.7 Efecto en los parámetros de textura

La textura de un alimento se puede analizar por medio de una evaluación sensorial, pero también se lo puede realizar mediante un análisis instrumental, el cual puede ser un análisis de perfil de textura (TPA). **González, Morelos, & Correa (2015)** menciona que, el análisis de perfil de textura simula el esfuerzo de la mandíbula al morder, y entre los parámetros que se estudian están dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad, entre otros, dependiendo del alimento a analizar.

La adición del 1%, 2%, 3% y 4% de fibra dietética del subproducto de kimchi en muffins, provoca un aumento significativo en el valor de dureza a medida que aumenta el porcentaje de fibra, además existe disminución en los valores de masticabilidad, elasticidad y resiliencia, específicamente la muestra control tiene valores de $275,00 \pm 18,65$ para la masticabilidad, $0,85 \pm 0,01$ para la elasticidad, y para la resiliencia $0,26 \pm 0,02$; mientras que la muestra con 4% de fibra presenta valores de $140,01 \pm 31,94$; $0,49 \pm 0,02$; y $0,18 \pm 0,02$ para la masticabilidad, elasticidad y resiliencia, respectivamente. Los muffins que contenían el 2, 3, y 4% de fibra dietética del subproducto de kimchi, presentaron valores de cohesión significativamente más bajos que el control (**Heo et al., 2019**). Al contrario de esto, **Salehi & Kashaninejad (2021)** menciona que, al añadir goma guar en porcentajes de 0,25%, 0,50% y 0,75% la dureza

del pastel disminuye significativamente, mientras que en los porcentajes de adición del 0,5% y 0,75% de goma guar hay aumento en la elasticidad de los pasteles, y disminución en la gomosidad y masticabilidad. También existen casos en los que la adición de fibras no provoca cambios en la muestra, como lo menciona **Aydogdu et al. (2018)**, quienes observan que al añadir 5% de fibra de avena, o 5% de fibra de arveja en pasteles los valores de dureza son similares al control, el cual no reemplaza ningún porcentaje de harina de trigo por alguna fuente de fibra; mientras que **Ateş & Elmacı (2019)** utilizaron cascarilla de café sin tratar y tratada con agua como fuente de fibra, obteniendo que en formulaciones de pasteles, sustituyendo el 20%, 25% y 30% de la harina de trigo hay aumento en los valores de dureza, sin embargo, la muestra en la que se sustituyó la harina al 20% con cascarilla de café sin tratar no presenta un aumento significativo en el valor de dureza en comparación con la muestra control. Similares y diferentes resultados, con diferentes fuentes y concentraciones fibra se observan en diversos estudios, mencionados en la tabla 3.

Los diversos resultados en los parámetros de textura de los productos de panificación y pastelería con fuentes de fibra, pueden ser causados por diversos factores. Según **Heo et al. (2019)** el aumento en la dureza de los muffins puede ser debido al debilitamiento de la estructura de la red de gluten, y la reducción en los valores de masticabilidad puede estar relacionado con la absorción de agua, causada por el aumento en las concentraciones de la fuente de fibra añadida. Algo similar señala **Aydogdu et al. (2018)**, quien en su estudio indica que, la fibra de limón, presenta una alta capacidad de retención de agua, lo que puede provocar que la harina de trigo no absorba suficiente agua para desarrollar la red de proteína gluten, provocando una estructura rígida. A diferencia de estos autores, **Krystijan et al. (2018)** señala disminución en la dureza de las galletas, lo cual puede deberse a que, al agregar harina de psyllium se provocó reducción de la proteína y gluten del producto final, este último responsable de dar estructura a las galletas. La fuente y cantidad de fibra usada, es solo alguno de los factores que pueden intervenir en los resultados del producto final, ya que cómo se trabaje la formulación, por ejemplo, el usar la fibra para reemplazar la harina o grasa, o usarla como un ingrediente más, también puede intervenir en la obtención de un producto con resultados positivos o negativos. Un ejemplo de los efectos de usar las fibras como sustituto de grasa es el estudio de **Żbikowska et al. (2020)**, quienes reportan que muffiins con 4% de β -glucano y reducción del 80% de

grasa en la formulación presentan un aumento significativo en la dureza y masticabilidad, y disminución en la elasticidad.

La grasa es utilizada en productos de panificación para mejorar la textura de la miga y ayudar a la retención de gas durante la expansión de la masa en el horneado (**Alegret, Riera, & Salcedo, 2004**), y **Kamel & Stauffer (2013)** señalan que, la grasa mejora la suavidad de la miga del producto. Con esta información mencionada, se puede entender que el cambiar cantidades de grasa en la formulación provoca alteraciones en los resultados del producto final, sin embargo, también es importante tener en cuenta varios aspectos, entre ellos, el tipo de grasa que se utiliza y va a ser reemplazada en el producto por algún tipo de fibra. **Żbikowska & Kowalska (2017)**, quienes elaboraron galletas reemplazando parcialmente dos tipos de grasa (grasa no hidrogenada y grasa de colza parcialmente hidrogenada) por fibra de manzana, obtuvieron en ambos casos un aumento significativo en la dureza cuando se reemplazó la grasa con un 3% de fibra; sin embargo, es importante destacar que al comparar las muestras elaboradas con grasa no hidrogenada y grasa de colza parcialmente hidrogenada, se puede mencionar que la primera presenta valores muchos más bajos de dureza en comparación con la segunda, especialmente en la sustitución con el 3% de fibra donde se tiene valores de $61,846 \pm 3,42$ N para el producto elaborado con grasa de colza parcialmente hidrolizada, y un valor de $18,338 \pm 1,24$ N para el producto con grasa no hidrogenada; además los valores más altos de masticabilidad fueron los de la muestra con 3% de fibra reemplazando la grasa de colza parcialmente hidrogenada.

Durante el almacenamiento de los productos de panadería y pastelería, también se producen diversos cambios en su textura, por lo que, algunos estudios, también han medido parámetros de dureza, elasticidad, gomosidad, etc. del producto final durante ciertos periodos de almacenamiento. (**Korus et al., 2020**) estudió pan sin gluten reemplazando parcialmente el almidón de la formulación por fibra cítrica, reportando que se analizó al producto final durante tres días de almacenamiento, indicando que mientras pasaban los días de almacenamiento del producto se incrementó el valor de dureza de la miga, sin embargo, el valor más bajo en el tercer día de almacenamiento la muestra con 20% de fibra con un valor de $3,94 \pm 0,83$ N, en comparación con el valor más alto que fue el de la muestra de control con un valor de $7,42 \pm 0,54$ N, mientras que los valores de elasticidad, cohesión y masticabilidad disminuyeron a medida que se incrementaba la cantidad de fibra y aumentaba el período de almacenamiento.

Farimani et al. (2020) estudiaron muffins con mucílago de *Althaea Officinalis* (malvavisco), reportan que tanto la muestra control sin fuente de fibra como aquellas con fibra, presentan aumento en la dureza durante el almacenamiento, siendo las muestras analizadas los días 1, 7 y 14, mencionando que, la adición de la fibra provoca disminución en los valores de dureza en comparación con el control, teniendo que, en el día 14 el valor más alto fue para la muestra control, mientras que el más bajo fue para la muestra con el 1% de mucilago. **Jahanbakhshi & Ansari (2020)** estudiaron pasteles añadiendo polvo de hueso de aceituna, los resultados mostraron que durante la primera semana de almacenamiento del producto hubo un aumento significativo en los valores de dureza, masticabilidad y gomosidad, y por el contrario hubo disminución en la elasticidad y cohesión; situación que cambia después de la primera semana, porque se presenta disminución en los parámetros mencionados, excepto en la dureza. **Żbikowska et al. (2020)**, indica que, a medida que aumenta la cantidad de β -glucano añadido y pasa el tiempo de almacenamiento, específicamente siendo analizadas las muestras en el día 0, 7 y 14, la dureza de los muffins aumenta, concretamente los muffins con 4% de β -glucano y reducción del 80% presentan el valor más alto de dureza, destacando que esta muestra fue la que incrementó sus valores de dureza más rápido durante los días de almacenamiento.

3.6.2.8 Efecto en el color

El color de un producto de pastelería o panadería es muy variable, y depende de diversos factores como los ingredientes usados y el proceso de horneado a realizar, por lo que puede verse alterado por la adición de fibras en su formulación y preparación. **Krystyjan et al. (2018)**, menciona un oscurecimiento significativo en el color de la superficie de las galletas con harina de plantago psyllium, al igual que **Rios et al. (2020)** quien menciona que, el color de la miga de los panes con 3% y 4.5% de fibra de cáscara de café fue significativamente más oscuro que la muestra control.

El valor de a^* fue significativamente mayor en las muestras con 3% y 4.5% de fibra de cáscara de café en comparación con la muestra control (**Rios et al., 2020**). Por el contrario, **Yilmaz & Karaman (2017)** señala que, la muestra control presenta mayor enrojecimiento que las muestras con fibra de trigo, fibra de semillas de naranja, y fibra de semillas de toronja en galletas crackers, es decir, el valor de a^* fue mayor en la muestra control.

Kirbaş et al. (2019) indica que, la adición de polvo de orujo de zanahoria y polvo de orujo de naranja provoca un aumento significativo en el valor b^* , lo que indica tono de color en el eje amarillo, señalando que eso puede deberse a los pigmentos amarillentos de la zanahoria y la naranja. Algo similar sucede con **Dick et al. (2020)**, quien menciona mayor intensidad del color amarillo en las galletas crackers libres de gluten con harina de cladodio de cactus. A diferencia de lo descrito, **O'Shea, Kilcawley, & Gallagher (2017)** señala que, la adición de moliendas de cebada en galletas provoca disminución significativa en el color amarillo en comparación con la muestra control.

En la siguiente tabla se puede encontrar más estudios en los que la adición de fibras ha provocado efectos en el color del producto final.

Tabla 3: Fuentes de fibra y efectos en las características físicas, parámetros de textura y color de productos de panificación y pastelería.

FUENTE DE FIBRA	PRODUCTO	EFEECTO	REFERENCIA
Polvo de orujo de zanahoria más el 1% de polvo de orujo de remolacha	Galletas	Variación en características físicas.	(Parveen et al., 2017)
β -glucano obtenido de levadura	Muffins	Aumento en la dureza de la miga y masticabilidad. Disminución en la elasticidad. Variación en características físicas.	(Žbikowska et al., 2020)
Fibra de cítricos disponible comercialmente	Pan sin gluten	Disminución en la dureza de la miga, disminución en los valores de masticabilidad.	(Korus et al., 2020)
Concentrados de fibra de orujo de frambuesa	Galletas sin gluten	Variación en características físicas.	(Šarić et al., 2019)
Concentrados de fibra de orujo de arándano	Galletas sin gluten	Variación en características físicas.	(Šarić et al., 2019)
Concentrados de fibra de orujo de frambuesa más arándano	Galletas sin gluten	Variación en características físicas.	(Šarić et al., 2019)
Cascarilla de café	Pastel	Aumento en la dureza. Variación en el color. Variación en características físicas.	(Ateş & Elmacı, 2019)

Fibra de limón	Pastel	Aumento en la dureza. Variación en el color. Variación en características físicas.	(Aydogdu et al., 2018)
Fibra de manzana	Pastel	Aumento en la dureza. Variación en el color. Variación en características físicas.	(Aydogdu et al., 2018)
Fibra de arveja	Pastel	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Aydogdu et al., 2018)
Fibra de avena	Pastel	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Aydogdu et al., 2018)
Polvo de cáscara de sandía	Galletas	Variación en el color.	(Naknaen et al., 2016)
Almidón de maíz resistente	Galletas	Variación en el color.	(Naknaen et al., 2016)
Fibra dietética de cáscara de café	Pan sin gluten	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Rios et al., 2020)
Orujo de manzana	Pastel sin gluten	Aumento de dureza. Disminución de cohesión y resiliencia. Variación en el color. Variación en características físicas.	(Kırbaş et al., 2019)
Orujo de zanahoria	Pastel sin gluten	Aumento en la dureza. Disminución de cohesión. Variación en el color. Variación en características físicas.	(Kırbaş et al., 2019)
Orujo de naranja	Pastel sin gluten	Aumento en la dureza. Disminución de cohesión y resiliencia. Variación en el color. Variación en características físicas.	(Kırbaş et al., 2019)
Polvo de residuo de grosella negra	Galletas sin gluten	Variación en el color.	(Gagnetten et al., 2021)
Fibra dietética de semillas de calabaza	Muffins sin gluten	Aumento de la firmeza y masticabilidad.	(Palacio et al., 2018)
Fibra dietética del subproducto de kimchi (Polvo de hoja exterior de col china)	Muffins	Aumento en la dureza. Disminución en masticabilidad, elasticidad y resiliencia. Variación en el color. Variación en características físicas.	(Heo et al., 2019)
Fibras cítricas	Pan	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Dabija & Codină, 2019)
Harina de plantago psyllium	Galletas	Disminución en la dureza. Variación en el color.	(Krystyjan et al., 2018)

		Variación en características físicas.	
Mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i>	Pan	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Liguori et al., 2020)
Mucílago de cactus (<i>Opuntia monacantha</i>)	Galletas (crackers) sin gluten	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Dick et al., 2020)
Harina de cladodio de cactus (<i>Opuntia monacantha</i>)	Galletas (crackers) sin gluten	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Dick et al., 2020)
Bagazo de caña de azúcar	Pastel de harina de avena y plátano	Variación en el color.	(Silva et al., 2020)
Polvo de hueso de aceituna	Bizcocho esponjoso (sponge cake)	Variación en el color.	(Jahanbakhshi & Ansari, 2020)
Goma guar	Bizcocho esponjoso de zanahoria (carrot sponge cake)	Disminución en la dureza, gomosidad y masticabilidad. Aumento en la elasticidad.	(Salehi & Kashaninejad, 2021)
Subproducto de jugo de naranja	Bizcocho esponjoso (sponge cake)	Variación en características físicas.	(Selim et al., 2019)
Fibra de trigo	Galletas (crackers)	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Yilmaz & Karaman, 2017)
Fibra de semillas de toronja	Galletas (crackers)	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Yilmaz & Karaman, 2017)
Fibra de semillas de naranja	Galletas (crackers)	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Yilmaz & Karaman, 2017)
Harinilla más endospermo de cebada	Galletas (crackers)	Variación en el color. Variación en características físicas.	(O'Shea et al., 2017)
Salvado de cebada	Galletas (crackers)	Variación en el color. Variación en características físicas.	(O'Shea et al., 2017)
Hidroxipropilmetilcelulosa	Pan sin gluten	Variación en el color.	(Djordjević et al., 2019)
Fibra de remolacha azucarera	Pan sin gluten	Variación en el color.	(Djordjević et al., 2019)
Fibra de manzana	Pan sin gluten	Variación en el color.	(Djordjević et al., 2019)
Fibra de naranja roja	Pan integral de trigo duro	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Spina et al., 2019)
Fibra de limón	Pan integral de trigo duro	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Spina et al., 2019)
Fibra de naranja roja más fibra de limón	Pan integral de trigo duro	Variación en el color. Variación en características físicas.	(Spina et al., 2019)
Harina de centeno con alto contenido de fibra	Pan integral de centeno	Variación en el análisis sensorial.	(Kołodziejczyk et al., 2020)
Inulina	Pan sin gluten	Variación en características físicas.	(Sciarini et al., 2017)

Fibra de salvado de avena	Pan sin gluten	Variación en características físicas.	(Sciarini et al., 2017)
Almidón resistente tipo cuatro	Pan sin gluten	Variación en características físicas.	(Sciarini et al., 2017)
Polvo de vaina de arveja	Pan de trigo sarraceno	Variación en el análisis sensorial.	(Hanan et al., 2021)
Fibras de bambú de grano fino	Galletas de azúcar	Variación en características físicas. Variación en el color.	(Mancebo et al., 2018)
Fibras de bambú de grano grueso	Galletas de azúcar	Variación en características físicas. Variación en el color.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra de papa	Galletas de azúcar	Variación en características físicas. Variación en el color.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra de arveja	Galletas de azúcar	Variación en características físicas. Variación en el color.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra nutriose	Galletas de azúcar	Variación en características físicas. Variación en el color.	(Mancebo et al., 2018)
Polidextrosa	Galletas de azúcar	Variación en características físicas. Variación en el color.	(Mancebo et al., 2018)
Inulina	Galletas de azúcar	Variación en características físicas. Variación en el color.	(Mancebo et al., 2018)
Fibra dietética soluble de salvado de arroz desgrasado	Galletas	Variación en el color.	(Jia et al., 2020)
Fibra de té	Pan	Variación en características físicas. Variación en el color.	(Ari Akın et al., 2021)
Fibra dietética de residuos de procesamiento de pimienta (<i>Capsicum annum L.</i>)	Pan	Variación en el color.	(Mastilović et al., 2018)
Salvado de arroz desgrasado	Pastel	Variación en características físicas. Variación en el color.	(da Rocha Lemos Mendes et al., 2021)
Salvado de trigo	Pan	Variación en las características físicas.	(Packkia-Doss et al., 2019)
Polvo de pulpa de manzana	Galletas	Variación en las características físicas.	(Usman et al., 2020)
Fibra insoluble de tomate	Galletas	Variación en las características físicas. Variación en el color.	(Chouaibi et al., 2019)
Subproducto de pulpa de cereza de café	Pan	Variación en las características físicas.	(Rosas-Sánchez et al., 2021)

3.6.2.9 Efecto en las características sensoriales

Realizar un análisis sensorial juega un papel muy importante para que los alimentos sean consumidos, ya que el ser humano es quien al consumir va a aceptar o rechazar el producto, es por esto, que en diversos artículos en los cuales se usó fuentes de fibra en la formulación de productos de panadería y pastelería se evalúa el producto con diferentes análisis, entre ellos el análisis sensorial.

Reemplazar en pasteles harina de trigo en un 5% con el subproducto de jugo de naranja provoca en la corteza y la miga un color amarillo claro, lo que da como resultado valores más altos en la puntuación de análisis sensorial en comparación con el control (**Selim et al., 2019**). Por otra parte, en el estudio realizado por **Naknaen et al. (2016)**, mencionan que no hay diferencia significativa en el color de las galletas con almidón de maíz resistente en porcentajes del 10, 20, y 30% en comparación con la muestra control, indicando que estos resultados pueden deberse a que la fuente de fibra aumentó la luminosidad de las galletas, provocando que sean aceptables para los consumidores. Por el contrario, añadir el 20 y 30% de polvo de cáscara de sandía, provoca una disminución significativa en la puntuación en comparación con la muestra control, indicando que puede deberse al aumento de color oscuro de las migas a medida que aumenta la cantidad de fuente de fibra añadida (**Naknaen et al., 2016**).

Respecto al olor, **Silva et al. (2020)** menciona que, la adición del 3% de bagazo de caña de azúcar en pastel de harina de avena y plátano provoca una disminución significativa en la puntuación del aroma, por el contrario **Selim et al. (2019)**, en su estudio identificó que en pasteles con adición del 5% del subproducto de naranja se obtuvo mejores resultados que la muestra control. En cuanto al sabor, **Selim et al. (2019)** manifiesta que, la adición del 5% del subproducto de naranja provocó mejores resultados que la muestra control, algo similar sucede en el estudio de **Naknaen et al. (2016)** con galletas que tienen 10, 20 y 30% de almidón de maíz resistente, ya que no presentan diferencia significativa en comparación con la muestra control. En contraste con estos resultados, **Heo et al. (2019)** menciona que, añadir 3 o 4% del subproducto de kimchi disminuye la valoración del sabor. Igualmente, **Yilmaz & Karaman (2017)** indica que, la adición de fibras de semillas de naranja o toronja en 2,9% en galletas (crackers) provoca que no haya aceptación en cuanto al sabor, indicando los autores que esto se debe a sabor amargo de las semillas de los cítricos. La adición del 10% del

subproducto de jugo de naranja en los pasteles provoca disminución en la aceptabilidad general, lo que el autor señala que puede deberse a la dureza de la textura y a la oscuridad del color (**Selim et al., 2019**). A diferencia de esto, **Kirbaş et al. (2019)** menciona en su estudio que, la adición del 5% de polvo de pulpa de naranja en pasteles provoca una buena aceptabilidad por parte de los panelistas (**Selim et al., 2019**).

3.6.2.10 Efecto en salud (índice glucémico)

El estudio del desarrollo de alimentos nuevos no debe solo enfocarse en los diversos aspectos que afectan de alguna forma (física, tecnológica, microbiológica, sensorial, etc.,) al alimento durante su procesamiento, al final en el producto elaborado, o durante su almacenamiento, sino que debe ser una herramienta para el desarrollo de investigaciones y creación de productos saludables que contribuyan a una alimentación balanceada, o que a su vez mejoren la calidad de vida de personas con alguna enfermedad específica. La adición de fibras en productos de panificación y pastelería es una forma de innovación de estos productos, pero además se convierte en una manera de mejorar o solucionar problemas de estreñimiento, niveles de colesterol, valores de glucemia postprandial, entre otros.

El índice glucémico permite clasificar a los alimentos en función de su potencial para elevar los niveles de glucosa en la sangre (**Insel, Ross, McMahon, & Bernstein, 2016**), teniendo así, alimentos de índice glucémico alto y bajo. **Borczak, Sikora, Sikora, Dobosz, & Kapusta-Duch (2018)** señalan que, el pan de trigo es considerado un alimento de alto índice glucémico, y como soluciones para reducir este valor, se puede investigar en las materias primas a usar, el proceso de molienda y durante el proceso de panificación.

Varios trabajos en los que se añade fibras a productos de panificación y pastelería identificaron la variación de los valores de índice glucémico en comparación con la muestra control. **Papakonstantinou, Chaloulos, Papalexi, & Mandala (2018)** mencionan que el salvado de tamaño de partícula más grande y la adición de harina de semilla de algarrobo produce panes con valores de índice glucémico más bajo. Algo similar, menciona **Jia et al. (2020)** señalando que, el índice glucémico previsto de las muestras de galletas con fibra dietética soluble del salvado de arroz desgrasado presentaron valores significativamente menores en comparación con la muestra control, destacando que las muestras con 6% y 10,8% de la fuente de fibra entran en

la clasificación de alimentos con un índice glucémico medio. Por el contrario **Yun, Devahastin, & Chiewchan (2021)** en su estudio señala que, añadir polvo de almidón resistente al pan blanco aumenta el valor del índice glucémico en comparación con la muestra control, además resalta que existe una diferencia significativa en la muestra con 50% de polvo de almidón resistente, indicando que el aumento del valor del índice glucémico puede deberse a la gelatinización de la amilopectina de doble hélice en el polvo de almidón resistente. **Insel et al. (2016)** manifiesta que, factores como el tipo de carbohidrato, el proceso de cocción, la presencia de grasa, y fibra afectan el valor de índice glucémico que puede tener un alimento. **Sciarini et al. (2017)** mencionan en su estudio que, añadir un 10% de inulina, fibra de avena, o almidón resistente tipo IV en pan reduce el valor de índice glucémico, resaltando que el modificar la formulación va a permitir diferentes características en el producto, por lo que dependiendo del objetivo a lograr se puede agregar la fuente de fibra y realizar la formulación.

Tabla 4: Fuentes de fibra y efecto en el análisis sensorial e índice glucémico de productos de panificación y pastelería.

FUENTE DE FIBRA	PRODUCTO	EFEECTO	REFERENCIA
β-glucano obtenido de levadura	Muffins	Variación en el análisis sensorial.	(Żbikowska et al., 2020)
Cascarilla de café	Pastel	Variación en el análisis sensorial.	(Ateş & Elmacı, 2019)
Polvo de piel de naranja	Galletas	Variación en el análisis sensorial.	(Sangwan et al., 2020)
Polvo de cáscara de sandía	Galletas	Variación en el análisis sensorial. Variación en valores de índice glucémico.	(Naknaen et al., 2016)
Almidón de maíz resistente	Galletas	Variación en el análisis sensorial. Variación en valores de índice glucémico.	(Naknaen et al., 2016)
Fibra dietética de cáscara de café	Pan sin gluten	Variación en el análisis sensorial.	(Rios et al., 2020)
Orujo de manzana	Pastel sin gluten	Variación en el análisis sensorial.	(Kırbaş et al., 2019)
Orujo de zanahoria	Pastel sin gluten	Variación en el análisis sensorial.	(Kırbaş et al., 2019)
Orujo de naranja	Pastel sin gluten	Variación en el análisis sensorial.	(Kırbaş et al., 2019)

Polvo de residuo de grosella negra	Galletas sin gluten	Variación en el análisis sensorial.	(Gagneten et al., 2021)
Fibra dietética de semillas de calabaza	Muffins sin gluten	Variación en el análisis sensorial.	(Palacio et al., 2018)
Fibra dietética del subproducto de kimchi (Polvo de hoja exterior de col china)	Muffins	Variación en el análisis sensorial.	(Heo et al., 2019)
Fibras cítricas	Pan	Variación en el análisis sensorial.	(Dabija & Codină, 2019)
Harina de plantago psyllium	Galletas	Variación en el análisis sensorial.	(Krystijan et al., 2018)
Mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i>	Pan	Variación en el análisis sensorial.	(Liguori et al., 2020)
Mucílago de cactus (<i>Opuntia monacantha</i>)	Galletas (crackers) sin gluten	Variación en el análisis sensorial.	(Dick et al., 2020)
Harina de cladodio de cactus (<i>Opuntia monacantha</i>)	Galletas (crackers) sin gluten	Variación en el análisis sensorial.	(Dick et al., 2020)
Mucílago de <i>Althaea officinalis</i>	Cupcakes	Variación en el análisis sensorial.	(Farimani et al., 2020)
Bagazo de caña de azúcar	Pastel de harina de avena y plátano	Variación en el análisis sensorial.	(Silva et al., 2020)
Polvo de hueso de aceituna	Bizcocho esponjoso (sponge cake)	Variación en el análisis sensorial.	(Jahanbakhshi & Ansari, 2020)
Polvo de albedo de fruta de uva	Pastel de frutas	Variación en el análisis sensorial.	(Qureshi et al., 2017)
Subproducto de jugo de naranja	Bizcocho esponjoso (sponge cake)	Variación en el análisis sensorial.	(Selim et al., 2019)
Fibra de trigo	Galletas (crackers)	Variación en el análisis sensorial.	(Yilmaz & Karaman, 2017)
Fibra de semillas de toronja	Galletas (crackers)	Variación en el análisis sensorial.	(Yilmaz & Karaman, 2017)
Fibra de semillas de naranja	Galletas (crackers)	Variación en el análisis sensorial.	(Yilmaz & Karaman, 2017)
Fibra de naranja roja	Pan integral de trigo duro	Variación en el análisis sensorial.	(Spina et al., 2019)
Fibra de limón	Pan integral de trigo duro	Variación en el análisis sensorial.	(Spina et al., 2019)
Fibra de naranja roja más fibra de limón	Pan integral de trigo duro	Variación en el análisis sensorial.	(Spina et al., 2019)
Harina de centeno con alto contenido de fibra	Pan integral de centeno	Variación en el análisis sensorial.	(Kołodziejczyk et al., 2020)
Inulina	Pan sin gluten	Variación en valores de índice glucémico.	(Sciarini et al., 2017)
Fibra de salvado de avena	Pan sin gluten	Variación en valores de índice glucémico.	(Sciarini et al., 2017)

Almidón resistente tipo cuatro	Pan sin gluten	Variación en valores de índice glucémico.	(Sciarini et al., 2017)
Polvo de vaina de arveja	Pan de trigo sarraceno	Variación en el análisis sensorial.	(Hanan et al., 2021)
Fibra de avena	Pan de trigo	Variación en valores de índice glucémico.	(Kurek et al., 2018)
Fibra de linaza	Pan de trigo	Variación en valores de índice glucémico.	(Kurek et al., 2018)
Fibra de manzana	Pan de trigo	Variación en valores de índice glucémico.	(Kurek et al., 2018)
Salvado de trigo grueso, salvado de trigo fino, harina de algarrobo	Pan	Variación en valores de índice glucémico.	(Papakonstantinou et al., 2018)
Polvo de almidón resistente	Pan blanco	Variación en el análisis sensorial. Variación en valores de índice glucémico.	(Yun et al., 2021)
Mucílago de chía	Pan de pita	Variación en valores de índice glucémico.	(Salgado-Cruz, Ramírez-Miranda, Díaz-Ramírez, Alamilla-Beltran, & Calderón-Domínguez, 2017)
Fibra dietética soluble de salvado de arroz desgrasado	Galletas	Variación en valores de índice glucémico. Variación en el análisis sensorial.	(Jia et al., 2020)
Fibra de té	Pan	Variación en el análisis sensorial.	(Arı Akın et al., 2021)
Salvado de trigo	Pan	Variación en las características de la masa.	(Packkia-Doss et al., 2019)
Polvo de pulpa de manzana	Galletas	Variación en el análisis sensorial.	(Usman et al., 2020)
Fibra insoluble de tomate	Galletas	Variación en el análisis sensorial.	(Chouaibi et al., 2019)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- La revisión bibliográfica realizada ha permitido identificar que incluir fibras y/o fuentes de fibras en la formulación de productos de panificación y pastelería, es una opción para el desarrollo de productos nuevos y novedosos, los cuales, al ser elaborados en base a investigación y experimentación, pueden traer efectos positivos en parámetros físicos y tecnológicos del producto, y además contribuir para que sea beneficioso para la salud humana.
- Las fibras según su clasificación por la fuente de la que se obtuvo pueden ser fibra dietética vegetal, fibra dietética sintética, fibra dietética animal y fibra dietética microbiana, pero también según su solubilidad pueden ser fibras dietéticas solubles e insolubles; por lo que, las fibras o fuentes de fibras usadas en los productos de panificación y pastelería son muy variadas, sin embargo, se puede resaltar que actualmente, la mayoría de investigaciones se han enfocado en la utilización de subproductos o desechos del procesamiento de alimentos de origen vegetal como fuente de fibra dietética o para extraer fibra dietética.
- Las fibras y/o fuentes de fibra que se incorporan a productos de panificación y pastelería, son utilizadas en algunos casos como: parte de la formulación sin reducir ningún ingrediente, para reducir y reemplazar valores de harina de trigo o de la harina principal del producto, y/o para reducir y reemplazar cantidades de grasa, siendo este uno de los factores que afecta el comportamiento de la fibra en el producto, pero además, el tipo de producto a elaborar, como por ejemplo, panes y galletas libres de gluten, hacen que la masa se desarrolle de una manera específica y por lo tanto el producto, es así que, la fibra dependiendo su capacidad de absorción de agua, cantidad añadida, tamaño de partícula, producto a elaborar y como interactúe con los demás elementos de la formulación, provoca masas y productos finales con características variadas, que pueden o no ser aceptables para el consumidor.
- La adición de fibras y/o fuentes de fibra en productos de panificación y pastelería en algunos casos no provoca cambios significativos, no obstante, en

mayor parte se tiene efectos positivos y negativos en características como humedad, cenizas, fibra, textura, color, análisis sensorial, índice glucémico, entre otros. No se puede generalizar y especificar que alguna fibra o fuente de fibra, trae consecuencias positivas o negativas, porque existen muchos factores a considerar que provocan que el producto sea aceptable en todos sus parámetros, sin embargo, se puede decir que, según los artículos analizados, la adición de fibra o fuentes de fibra provoca un aumento en el valor final de fibra dietética del producto, y que, además puede contribuir a reducir valores de índice glucémico del alimento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alazb, B. R., El Sahy, K., El-Rahman, A., Sulieman, M., & Youssif, M. R. (2021). PHYSICO-CHEMICAL AND ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS OF CAKES SUPPLEMENTED WITH TOMATO POMACE, MANGO SEEDS KERNEL AND POMEGRANATE PEELS POWDERS. *Plant Archives*, 21, 432-439. doi:10.51470/PLANTARCHIVES.2021.V21.S1.066
- Alegret, P. L., Riera, J. B., & Salcedo, R. C. (2004). *Química y Bioquímica de los alimentos II (eBook)*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=uaBI0tEykJwC>
- Almeida, E. L., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2013). Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. *LWT-Food Science*, 50(2), 545-553.
- Anal, A. K. (2017). *Food Processing by-Products and Their Utilization*. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/uta-ebooks/detail.action?docID=5103302>
- Arı Akin, P., Tayfun, K. E., Tamer, U., & Boyacı, İ. H. (2021). Use of tea fibers as a source of dietary fiber in wheat flour and bread. 98(5), 1049-1058. doi:<https://doi.org/10.1002/cche.10444>
- Ateş, G., & Elmacı, Y. (2019). Physical, chemical and sensory characteristics of fiber-enriched cakes prepared with coffee silverskin as wheat flour substitution. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(1), 755-763. doi:10.1007/s11694-018-9988-9
- Aydogdu, A., Sumnu, G., & Sahin, S. (2018). Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 667-677. doi:10.1007/s13197-017-2976-y
- Ballester-Sánchez, J., Fernández-Espinar, M. T., & Haros, C. M. (2020). Isolation of red quinoa fibre by wet and dry milling and application as a potential functional bakery ingredient. *Food Hydrocolloids*, 101, 105513. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105513>
- Bardón Iglesias, R., Belmonte Cortés, S., Fúster Lorán, F., Marino Hernando, E., & Ribes Ripoll, M. Á. (2010). *El sector de los productos de panadería, bollería y pastelería industrial, y galletas en la Comunidad de Madrid*. Recuperado de <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM009863.pdf>
- Borczak, B., Sikora, M., Sikora, E., Dobosz, A., & Kapusta-Duch, J. (2018). Glycaemic index of wheat bread. *Starch - Stärke*, 70(1-2), 1700022. doi:<https://doi.org/10.1002/star.201700022>
- Caggia, C., Palmeri, R., Russo, N., Timpone, R., Randazzo, C. L., Todaro, A., & Barbagallo, S. (2020). Employ of citrus by-product as fat replacer ingredient for bakery confectionery products. *Frontiers in nutrition*, 7.
- Campos Ocampo, M. (2017). *Métodos de investigación académica*. Recuperado de <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/76783>
- Cauvain, S. P. (2012). *Breadmaking : Improving Quality*. Cambridge, UNITED KINGDOM: Elsevier Science & Technology.
- Cho, S. S., & Dreher, M. L. (2001). *Handbook of Dietary Fiber*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=vJnJDwAAQBAJ>
- Chouaibi, M., Rezig, L., Boussaid, A., & Hamdi, S. (2019). INSOLUBLE TOMATO-FIBER EFFECT ON WHEAT DOUGH RHEOLOGY AND

- COOKIES'QUALITY. *Italian journal of food science*, 31(1). doi:<https://doi.org/10.14674/IJFS-1207>
- Ciudad-Mulero, M., Fernández-Ruiz, V., Matallana-González, M. C., & Morales, P. (2019). Chapter Two - Dietary fiber sources and human benefits: The case study of cereal and pseudocereals. In I. C. F. R. Ferreira & L. Barros (Eds.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 90, pp. 83-134): Academic Press.
- da Rocha Lemos Mendes, G., Souto Rodrigues, P., de las Mercedes Salas-Mellado, M., Fernandes de Medeiros Burkert, J., & Badiale-Furlong, E. (2021). Defatted Rice Bran as a Potential Raw Material to Improve the Nutritional and Functional Quality of Cakes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76(1), 46-52. doi:10.1007/s11130-020-00872-6
- Dabija, A., & Codină, G. G. (2019). NATURAL EXTRACTS. Wheat flour dough rheological properties and physico-sensory properties of bread enriched with citrus fibres. *Agro FOOD Industry Hi Tech*, 30, 2.
- Dai, F.-J., & Chau, C.-F. (2017). Classification and regulatory perspectives of dietary fiber. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 37-42. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.09.006>
- Delgado González, F., & Sánchez-Lafuente, A. C. (2012). *Elaboración de productos de panadería: panadería y bollería (UF0291)*: IC Editorial.
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2007). *REGLAMENTO (CE) No 1924/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos.* Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:012:0003:0018:ES:PDF>
- Dick, M., Limberger, C., Cruz Silveira Thys, R., de Oliveira Rios, A., & Hickmann Flôres, S. (2020). Mucilage and cladode flour from cactus (*Opuntia monacantha*) as alternative ingredients in gluten-free crackers. *Food Chemistry*, 314, 126178. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126178>
- Djordjević, M., Šoronja-Simović, D., Nikolić, I., Djordjević, M., Šereš, Z., & Milašinović-Šeremešić, M. (2019). Sugar beet and apple fibres coupled with hydroxypropylmethylcellulose as functional ingredients in gluten-free formulations: Rheological, technological and sensory aspects. *Food Chemistry*, 295, 189-197. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.066>
- Edwards, W. P. (2007). *Science of Bakery Products*. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/uta-ebooks/detail.action?docID=1186077>
- Erinc, H., Mert, B., & Tekin, A. (2018). Different sized wheat bran fibers as fat mimetic in biscuits: its effects on dough rheology and biscuit quality. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 3960-3970. doi:10.1007/s13197-018-3321-9
- Eshak, N. S. (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.
- Esteban, R. M., Mollá, E., & Benítez, V. (2017). Chapter 7 - Sources of Fiber. In R. A. Samaan (Ed.), *Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease* (pp. 121-146): Academic Press.

- Estruch, R., Vendrell, E., Ruiz-León, A. M., Casas, R., Castro-Barquero, S., & Alvarez, X. (2020). Reformulation of Pastry Products to Improve Effects on Health. *Nutrients*, *12*(6), 1709.
- Farimani, T. Y., Hesarinejad, M., & Tat, M. (2020). Research Full Papers A new study on the quality, physical and sensory characteristics of cupcakes with *Althaea officinalis* mucilage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *16*, 25-35.
- Gagnetten, M., Archaina, D. A., Salas, M. P., Leiva, G. E., Salvatori, D. M., & Schebor, C. (2021). Gluten-free cookies added with fibre and bioactive compounds from blackcurrant residue. *International Journal of Food Science and Technology*, *56*(4), 1734-1740. doi:<https://doi.org/10.1111/ijfs.14798>
- Galali, Y., Omar, Z. A., & Sajadi, S. M. (2020). Biologically active components in by-products of food processing. *Food Science & Nutrition*, *8*(7), 3004-3022. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.1665>
- Galanakis, C. M. (2019). *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications*. San Diego, UNITED STATES: Elsevier Science & Technology.
- Gómez, M., & Martínez, M. 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. doi:10.1080/10408398.2017.1305946
- González, J. D. T., Morelos, K. J. G., & Correa, D. A. (2015). ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA EN FRUTAS, PRODUCTOS CÁRNICOS Y QUESOS. *Revista ReCiTeIA*.
- Hanan, E., Rudra, S. G., Sharma, V., Sagar, V. R., & Sehgal, S. (2021). Pea pod powder to enhance the storage quality of buckwheat bread. *Vegetos*. doi:10.1007/s42535-021-00259-1
- Heo, Y., Kim, M.-J., Lee, J.-W., & Moon, B. (2019). Muffins enriched with dietary fiber from kimchi by-product: Baking properties, physical–chemical properties, and consumer acceptance. *Food Science & Nutrition*, *7*(5), 1778-1785. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.1020>
- Hosseinian, F., Oomah, B. D., & Campos-Vega, R. (2017). *Dietary Fibre Functionality in Food and Nutraceuticals : From Plant to Gut*. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/uta-ebooks/detail.action?docID=4770532>
- Hussain, S., Jõudu, I., & Bhat, R. (2020). Dietary Fiber from Underutilized Plant Resources—A Positive Approach for Valorization of Fruit and Vegetable Wastes. *Sustainability*, *12*(13), 5401.
- Insel, P. M., Ross, D., McMahon, K., & Bernstein, M. (2016). *Nutrition*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=94WkDAAAQBAJ>
- Jahanbakhshi, R., & Ansari, S. (2020). Physicochemical Properties of Sponge Cake Fortified by Olive Stone Powder. *Journal of Food Quality*, *2020*, 1493638. doi:10.1155/2020/1493638
- Jia, M., Yu, Q., Chen, J., He, Z., Chen, Y., Xie, J., . . . Xie, M. (2020). Physical quality and in vitro starch digestibility of biscuits as affected by addition of soluble dietary fiber from defatted rice bran. *Food Hydrocolloids*, *99*, 105349. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105349>
- Kamel, B., & Stauffer, C. (2013). *Advances in Baking Technology*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=xYwpBAAAQBAJ>

- Keskin, S. O., Ali, T. M., Ahmed, J., Shaikh, M., Siddiq, M., & Uebersax, M. A. Physico-chemical and functional properties of legume protein, starch, and dietary fiber—A review. *n/a(n/a)*, e117. doi:<https://doi.org/10.1002/leg3.117>
- Kırbaş, Z., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2019). Effects of apple, orange and carrot pomace powders on gluten-free batter rheology and cake properties. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(2), 914-926. doi:10.1007/s13197-018-03554-z
- Kołodziejczyk, P., Michniewicz, J., Buchowski, M. S., & Paschke, H. (2020). Effects of fibre-rich rye milling fraction on the functional properties and nutritional quality of wholemeal rye bread. *Journal of Food Science and Technology*, *57*(1), 222-232. doi:10.1007/s13197-019-04050-8
- Korus, J., Juszczak, L., Witzczak, M., & Ziobro, R. (2020). Effect of Citrus Fiber on the Rheological Properties of Dough and Quality of the Gluten-Free Bread. *Applied Sciences*, *10*(19), 6633. doi:<https://doi.org/10.3390/app10196633>
- Krystijan, M., Gumul, D., Korus, A., Korus, J., & Sikora, M. (2018). Physicochemical properties and sensory acceptance of biscuits fortified with Plantago psyllium flour. *Emirates Journal of Food & Agriculture*, 758-763. doi:<https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i9.1799>
- Kubicová, L., & Predanocyová, K. (2018). Situation in the market of bakery products. *International Scientific Days*, 391-406.
- Kurek, M. A., Wyrwisz, J., Karp, S., & Wierzbicka, A. (2018). Effect of fiber sources on fatty acids profile, glycemic index, and phenolic compound content of in vitro digested fortified wheat bread. *Journal of Food Science and Technology*, *55*(5), 1632-1640. doi:10.1007/s13197-018-3061-x
- Liguori, G., Gentile, C., Gaglio, R., Perrone, A., Guarcello, R., Francesca, N., . . . Settanni, L. (2020). Effect of addition of Opuntia ficus-indica mucilage on the biological leavening, physical, nutritional, antioxidant and sensory aspects of bread. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, *129*(2), 184-191. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.08.009>
- Lin, Y., Chen, K., Tu, D., Yu, X., Dai, Z., & Shen, Q. (2019). Characterization of dietary fiber from wheat bran (*Triticum aestivum* L.) and its effect on the digestion of surimi protein. *LWT*, *102*, 106-112. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.024>
- Luzardo-Ocampo, I., Cuellar-Nuñez, M. L., Oomah, B. D., & Loarca-Piña, G. (2020). Pulse By-products. In *Food Wastes and By-products* (pp. 59-92).
- Mancebo, C. M., Rodríguez, P., Martínez, M. M., & Gómez, M. (2018). Effect of the addition of soluble (nutriose, inulin and polydextrose) and insoluble (bamboo, potato and pea) fibres on the quality of sugar-snap cookies. *53*(1), 129-136. doi:<https://doi.org/10.1111/ijfs.13566>
- Mastilović, J., Kevrešan, Ž., Vukić, M., Ivanović, M., Radovanović, J., & Džinić, D. (2018). Possibilities for utilization of dietary fiber rich supplement from pepper (*Capsicum annum* L.) processing waste in bakery products. *Journal of Engineering & Processing Management*, *10*(1), 28-33. doi:10.7251/jepm1810028m
- Mohebbi, Z., Homayouni, A., Azizi, M. H., & Hosseini, S. J. (2018). Effects of beta-glucan and resistant starch on wheat dough and prebiotic bread properties. *Journal of Food Science and Technology*, *55*(1), 101-110. doi:<https://doi.org/10.1007/s13197-017-2836-9>

- Monroy Mejía, M. d. I. Á., & Nava Sanchezllanes, N. (2018). *Metodología de la investigación*. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/172512>
- Naknaen, P., Itthisoponkul, T., Sondee, A., & Angsombat, N. (2016). Utilization of watermelon rind waste as a potential source of dietary fiber to improve health promoting properties and reduce glycemic index for cookie making. *Food Science and Biotechnology*, 25(2), 415-424. doi:10.1007/s10068-016-0057-z
- Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V., & Mehdizadeh, S. A. (2017). Optimizing the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fibre content. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 9, 39-45. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.01.001>
- NTE INEN 2085. (2005). *GALLETAS. REQUISITOS*. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2085-1.pdf>
- NTE INEN 2945. (2016). *PAN. REQUISITOS*. Recuperado de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2945.pdf
- O'Shea, N., Kilcawley, K. N., & Gallagher, E. (2017). Aromatic Composition and Physicochemical Characteristics of Crackers Containing Barley Fractions. *Cereal Chemistry*, 94(3), 611-618. doi:<https://doi.org/10.1094/CCHEM-10-16-0256-R>
- Packkia-Doss, P. P., Chevallier, S., Pare, A., & Le-Bail, A. (2019). Effect of supplementation of wheat bran on dough aeration and final bread volume. *Journal of food engineering*, 252, 28-35.
- Palacio, M. I., Etcheverría, A. I., & Manrique, G. D. (2018). Development of gluten-free muffins utilizing squash seed dietary fiber. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 2955-2962. doi:10.1007/s13197-018-3213-z
- Papakonstantinou, E., Chaloulos, P., Papalex, A., & Mandala, I. (2018). Effects of bran size and carob seed flour of optimized bread formulas on glycemic responses in humans: A randomized clinical trial. *Journal of Functional Foods*, 46, 345-355. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.04.045>
- Parveen, H., Bajpai, A., Bhatia, S., & Singh, S. (2017). Analysis of Biscuits Enriched With Fibre by Incorporating Carrot and Beetroot Pomace Powder. *The Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, 54, 403. doi:10.21048/ijnd.2017.54.4.15754
- Peris, M., Rubio-Arreaez, S., Castelló, M. L., & Ortolá, M. D. (2019). From the laboratory to the kitchen: New alternatives to healthier bakery products. *Foods*, 8(12), 660.
- Polo Hernán, D., & Sastre Méndez, M. (2017). *Manual. Aprovechamiento interno en pastelería (UF0817). Certificados de profesionalidad. Operaciones básicas de pastelería (HOTR0109)*: Editorial CEP, S.L.
- Qureshi, A., Ainee, A., Nadeem, M., Munir, M., Qureshi, T. M., & Jabbar, S. (2017). Effect of grape fruit albedo powder on the physicochemical and sensory attributes of fruit cake. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 30(2). doi:<http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2017/30.2.185.193>
- Rios, M. B., Iriundo-DeHond, A., Iriundo-DeHond, M., Herrera, T., Velasco, D., Gómez-Alonso, S., . . . del Castillo, M. D. (2020). Effect of Coffee Cascara Dietary Fiber on the Physicochemical, Nutritional and Sensory Properties of a Gluten-Free Bread Formulation. 25(6), 1358. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules25061358>
- Rosas-Sánchez, G. A., Hernández-Estrada, Z. J., Suárez-Quiroz, M. L., González-Ríos, O., & Rayas-Duarte, 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.
- Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M., & Lobo, M. G. (2018). Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3), 512-531.
- Salehi, F., & Kashaninejad, M. (2021). Influence of Guar Gum on Texture Profile Analysis and Stress Relaxation Characteristics of Carrot Sponge Cake. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 11(1), 1-10.
- Salgado-Cruz, M. d. I. P., Ramírez-Miranda, M., Díaz-Ramírez, M., Alamilla-Beltrán, L., & Calderón-Domínguez, G. (2017). Microstructural characterisation and glycemic index evaluation of pita bread enriched with chia mucilage. *Food Hydrocolloids*, 69, 141-149. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.027>
- Samaan, R. A. (2017). *Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease: Fiber's Interaction between Gut Microflora, Sugar Metabolism, Weight Control and Cardiovascular Health*: Academic Press.
- Sangwan, V., Rani, V., & Malik, P. (2020). Orange Peel Powder: A Potent Source of Fiber and Antioxidants for Functional Biscuits. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9. doi:10.20546/ijcmas.2020.909.167
- Šarić, B., Dapčević-Hadnađev, T., Hadnađev, M., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., & Škrobot, D. (2019). Fiber concentrates from raspberry and blueberry pomace in gluten-free cookie formulation: Effect on dough rheology and cookie baking properties. *Journal of texture studies*, 50(2), 124-130. doi:<https://doi.org/10.1111/jtxs.12374>
- Sastre Méndez, M., & Polo Hernán, D. (2017). *Manual. Preelaboración de productos básicos de pastelería (UF0819). Certificados de profesionalidad. Operaciones básicas de pastelería (HOTR0109)*: Editorial CEP, S.L.
- Sciarini, L. S., Bustos, M. C., Vignola, M. B., Paesani, C., Salinas, C. N., & Pérez, G. T. (2017). A study on fibre addition to gluten free bread: its effects on bread quality and in vitro digestibility. *Journal of Food Science and Technology*, 54(1), 244-252. doi:10.1007/s13197-016-2456-9
- Selim, K. A., Ismaael, O. H., & Abdel Bary, M. (2019). Influence of incorporation of orange juice by-product on the quality properties of sponge cake and low-fat beef burger. *Journal of Food Science & Technology*, 4(7), 860-876.
- Sharma, S. K., Bansal, S., Mangal, M., Dixit, A. K., Gupta, R. K., & Mangal, A. K. (2016). Utilization of Food Processing By-products as Dietary, Functional, and Novel Fiber: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(10), 1647-1661. doi:10.1080/10408398.2013.794327
- Silchuk, T., Nazar, M., & Golikova, T. (2017). Research on technological properties of potato cellulose for bread production. *Food and Environment Safety Journal*, 15(4).
- Silva, A. S., Correa, L. G., Kanai, R. S. S., & Shirai, M. A. (2020). Effect of sugarcane bagasse addition on physical, chemical, and sensory properties of oat flour and banana cake. *Journal of texture studies*, 51(6), 902-908. doi:<https://doi.org/10.1111/jtxs.12542>
- Soliman, G. A. (2019). Dietary Fiber, Atherosclerosis, and Cardiovascular Disease. *11(5)*, 1155.

- Spina, A., Brighina, S., Muccilli, S., Mazzaglia, A., Fabroni, S., Fallico, B., . . . Arena, E. (2019). Wholegrain Durum Wheat Bread Fortified With Citrus Fibers: Evaluation of Quality Parameters During Long Storage. 6(13). doi:10.3389/fnut.2019.00013
- Torbica, A., Belović, M., & Tomić, J. (2019). Novel breads of non-wheat flours. *Food Chemistry*, 282, 134-140. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.113>
- Usman, M., Ahmed, S., Mehmood, A., Bilal, M., Patil, P. J., Akram, K., & Farooq, U. (2020). Effect of apple pomace on nutrition, rheology of dough and cookies quality. *Journal of Food Science and Technology*, 1-8.
- Welti-Chanes, J., Serna-Saldívar, S. O., Campanella, O., & Tejada-Ortigoza, V. (2020). *Science and technology of fibers in food systems*: Springer.
- Yang, Y.-y., Ma, S., Wang, X.-x., & Zheng, X.-l. (2017). Modification and Application of Dietary Fiber in Foods. *Journal of Chemistry*, 2017, 9340427. doi:10.1155/2017/9340427
- Yilmaz, E., & Karaman, E. (2017). Functional crackers: incorporation of the dietary fibers extracted from citrus seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 54(10), 3208-3217. doi:<https://doi.org/10.1007/s13197-017-2763-9>
- Yun, P., Devahastin, S., & Chiewchan, N. (2021). In vitro glycemic index, physicochemical properties and sensory characteristics of white bread incorporated with resistant starch powder prepared by a novel spray-drying based method. *Journal of food engineering*, 294, 110438. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110438>
- Żbikowska, A., & Kowalska, M. (2017). The use of apple fiber as a fat substitute in the manufacture of bakery products. *Journal of Food Processing Preservation*, 41(6), e13241. doi: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13241>
- Żbikowska, A., Kupiec, M., Szymanska, I., Osytek, K., Kowalska, M., Marciniak-Lukasiak, K., & Rutkowska, J. (2020). Microbial β -glucan Incorporated into Muffins: Impact on Quality of the Batter and Baked Products. 10(4), 126.
- Zhou, W., Therdthai, N., & Hui, Y. H. (2014). Introduction to Baking and Bakery Products. In *Bakery Products Science and Technology* (pp. 1-16).
- Zumbado Fernández, H. (2020). *Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos* (E. U. (Cuba) Ed.): Editorial Universitaria.