

Sustituto parcial de la harina de trigo para la elaboración de productos: revisión sistemática

Partial wheat flour substitute for product processing: systematic review

DOI: [10.61210/kany.v2i2.118](https://doi.org/10.61210/kany.v2i2.118)

^aDeysi Geanina Flores Ulloa¹

73445002@unaat.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-8859-0222>

¹Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Junín, Perú.

Recibido: Setiembre, 2024

Aceptado: Octubre 2024

Publicado: Diciembre, 2024

RESUMEN

Este artículo presenta una revisión sistemática sobre la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas no tradicionales en productos de panificación y confitería. Se analizan los efectos de estas harinas alternativas, derivadas de granos, pseudocereales, tubérculos y subproductos agroindustriales, sobre la composición nutricional, funcionalidad y propiedades organolépticas de los alimentos. Los resultados muestran que el uso de harinas no tradicionales aumenta significativamente el contenido de fibra, proteínas, vitaminas y compuestos bioactivos en los productos elaborados, lo que puede contribuir a una mejora en la calidad nutricional de los mismos. Además, se destacan los beneficios en términos de sostenibilidad, al promover el aprovechamiento de recursos locales y reducir el desperdicio de subproductos agroindustriales. No obstante, se identificaron desafíos en cuanto a la textura, densidad y aceptabilidad sensorial, lo que requiere de ajustes en las formulaciones para mejorar la calidad de los productos finales. Este estudio provee una base científica sólida para futuras investigaciones y aplicaciones industriales.

Palabras clave: *Harina, Sustitución, Harinas no tradicionales, Innovación.*

ABSTRACT

This article presents a systematic review on the partial substitution of wheat flour by non-traditional flours in bakery and confectionery products. The effects of these alternative flours, derived from cereals, pseudocereals, tubers and agro-industrial by-products, on the nutritional composition, functionality and organoleptic properties of foods are analyzed. The results show that the use of non-traditional flours significantly increases the content of fiber, proteins, vitamins and bioactive compounds in processed products, which can contribute to improve their nutritional quality. In addition, the benefits in terms of sustainability are highlighted, by promoting the use of local resources and reducing the waste of agroindustrial by-products. However, challenges were identified in terms of texture, density and sensory acceptability, which require adjustments in formulations to improve the quality of the final products. This study provides a solid scientific basis for future research and industrial applications.

Keywords: *Flour, Substitution, Non-traditional flours, Food innovation.*

INTRODUCCIÓN

El trigo es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, utilizado tanto en la industria como en la alimentación. Es un componente esencial en las dietas de numerosos países, especialmente en Asia y Europa. Esto explica por qué el trigo se ha consolidado como el segundo grano más cultivado globalmente, con una producción anual superior a los 715 millones de toneladas en la última década. Además, el incremento de alrededor de siete millones de hectáreas en las áreas de cultivo de trigo durante los últimos cinco años ha sido clave para mantener este volumen de producción (Statista, 2023).

La sustitución parcial de la harina de trigo en la elaboración de productos de panadería y confitería ha llamado la atención en la investigación alimentaria debido a su potencial para mejorar la composición nutricional del producto final y diversificar las fuentes de materia prima. Diversos estudios han investigado el uso de harinas alternativas derivadas de granos, semillas, nueces y desechos agroindustriales para reemplazar parcial o totalmente la harina de trigo, manteniendo o incluso mejorando las propiedades sensoriales y nutricionales de los alimentos procesados (Ahsan et al., 2023; Batista et al., 2018; Carter y Northcutt, 2023). La inclusión de ingredientes como harina de arroz, germen de sorgo, faveleira, castañas de agua, cáscara de sandía y hojas de café, entre otros, muestra resultados prometedores en la mejora de la fibra, la actividad antioxidante y la concentración de minerales, manteniendo la aceptabilidad sensorial del producto (Barros et al., 2018; Dean et al., 2024). Investigaciones recientes han demostrado que reemplazar la harina de trigo con estos ingredientes no solo mejora la calidad nutricional, sino que también puede afectar la textura, la densidad, la absorción de agua y aceite y la digestión del almidón. En particular, la sustitución con harina de sorgo ha demostrado beneficios al reducir la densidad y mejorar la absorción de agua y aceite (Ahsan et al., 2024). Además, el uso de harina procedente de subproductos agrícolas como faveleira y mazapán ha mostrado altos niveles de compuestos bioactivos y propiedades antioxidantes que contribuyen a la funcionalidad del producto (Carter y Northcutt, 2023; Duarte et al., 2024). Sin embargo, la sustitución de la harina no está exenta de problemas, como cambios en la calidad, textura y estabilidad de la harina. Muchos estudios han confirmado que un grado adecuado de sustitución permite la creación de productos con mayor aceptabilidad sensorial y mayor valor nutricional que los productos tradicionales a base de trigo (Chakraborty et al., 2019; Gadallah, 2017).

El propósito de esta revisión sistemática es examinar los avances recientes en el uso de harinas alternativas en la producción de panadería, para analizar los efectos sobre las propiedades y funciones físicas, sensoriales y organolépticas, y proporcionar una base para futuras investigaciones y aplicaciones industriales en el desarrollo de productos alimenticios innovadores (Ahsan et al., 2024).

METODOLOGÍA

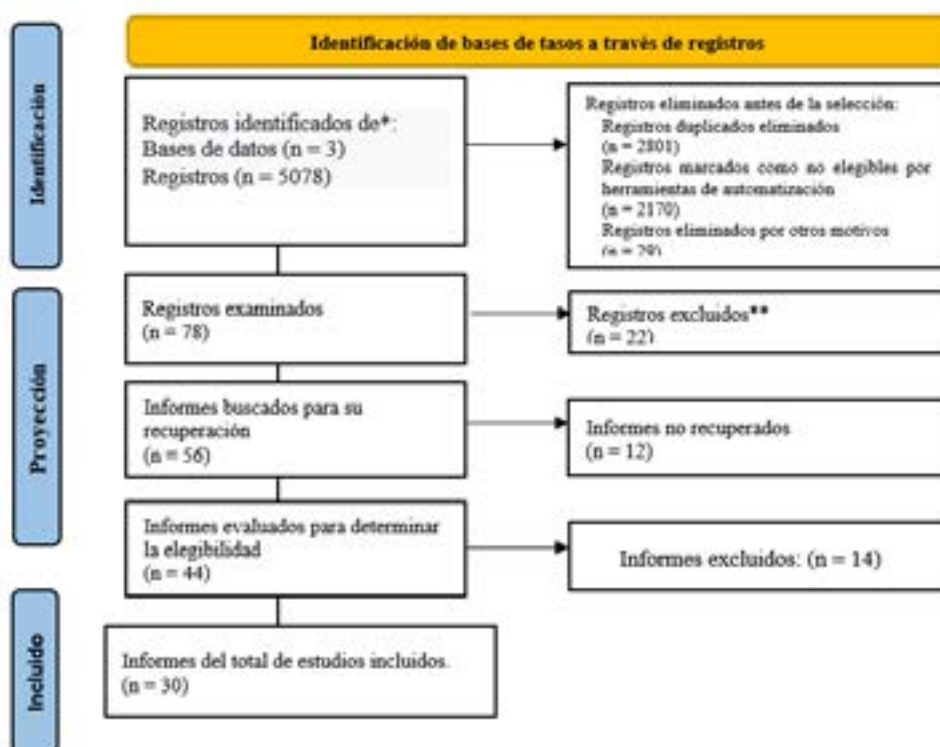
Cano et al. (2019) definen el metaanálisis como una revisión sistemática que combina los resultados de múltiples estudios enfocados en un mismo tema. Este enfoque permite

evaluar de forma crítica la literatura existente e integrar estadísticamente los hallazgos de investigaciones previas. El objetivo principal de un metaanálisis es realizar un análisis estadístico conjunto de los resultados obtenidos en estudios individuales, utilizando el método PRISMA como marco de referencia. Este método incluye una lista de verificación estructurada y un diagrama de flujo en cuatro etapas, que guían la identificación, selección y síntesis de estudios relevantes:

1. Identificación: Se realiza una búsqueda exhaustiva de estudios relacionados en bases de datos científicas.
2. Selección: Se identifican y recopilan las referencias bibliográficas relevantes para los estudios encontrados.
3. Elegibilidad: Se revisan los estudios seleccionados y se eliminan aquellos que no cumplen con los criterios previamente establecidos.
4. Inclusión: Los estudios elegibles se integran en una síntesis cualitativa o cuantitativa para su análisis final.

Para esta investigación, se recopiló información de artículos científicos indexados en las bases de datos ScienceDirect, Scopus y EBSCO, utilizando las palabras clave: “substitution of wheat”, “partial substitution of wheat” y “partial substitution of wheat flour”.

Se revisaron inicialmente 78 artículos científicos relacionados con la sustitución parcial de harina de trigo en productos de panificación. Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos, se seleccionaron 30 artículos que cumplieran con todos los parámetros necesarios para el análisis. La mayoría de los estudios revisados no fueron incluidos, ya que, aunque eran confiables desde un punto de vista científico, no abordaban todos los parámetros productivos requeridos para el metaanálisis.



RESULTADOS

La sustitución parcial es el intercambio parcialmente en la industria alimentaria es una realidad común para mejorar la calidad de los alimentos. Por ejemplo, puede reemplazar algunos tipos de harina, como frijoles o frutas que aumentan el contenido de proteínas y fibra (Clark, et al., 2020). Esta estrategia no solo proporciona las ventajas de la nutrición, sino que también contribuye al desarrollo sostenible mediante el uso de ingredientes más baratos y reduciendo el desperdicio de alimentos (Clark, et al., 2020).

La harina de trigo juega un papel decisivo en la preparación de alimentos de panificación a partir de la capacidad de crear redes de gluten y proteínas, asegurando la estructura y la elasticidad (Hoseney, 1994). Hay muchos tipos diferentes de harina, como sofisticación e indispensable, cada uno con uso específico en la cocina y la panadería. La harina integrada, incluido el salvado y el embrión, proporciona mucha fibra y nutrientes importantes (Hoseney, 1994).

Tabla 1

Tabla de componentes de la harina de trigo

Componentes	Cantidad (mg/100g)		
	(Arana, 2014)	(ESLAMO citado en Becerra y Tuñoque, 2018)	(Toro, citado en Paredes, 2023)
Almidón	-	70.60	-
Proteínas formadoras de gluten	11.3	8	-
Proteína soluble en H ₂ O	-	1	-
Polisacáridos no del almidón	-	2	-
Grasa	1.14	1	0.4 g
Lípidos	1.2	2	-
Cenizas	0.52	0.75	-
Sodio	-	2	-
Vitamina B3	-	2.33	-
Hierro	-	1	4 mg
Fibra dietaria	10.8	-	1.4 g
Energía	-	-	384 kcal
Hidratos de carbono	-	-	71.5 g
Azúcar	-	-	15.4

Fuente: Elaboración propia.

La harina de trigo integral contiene todas las partes del trigo. Se muele el grano entero (con la cascara incluso), obteniendo así, una harina integral amarronada, rica en fibras y minerales. Su principal ventaja respecto a la harina de trigo refinada es su mayor contenido en fibra, vitaminas del grupo B y minerales como hierro, magnesio y zinc. (Rodas, 2013).

Tabla 2*Tabla de composición de la harina integral*

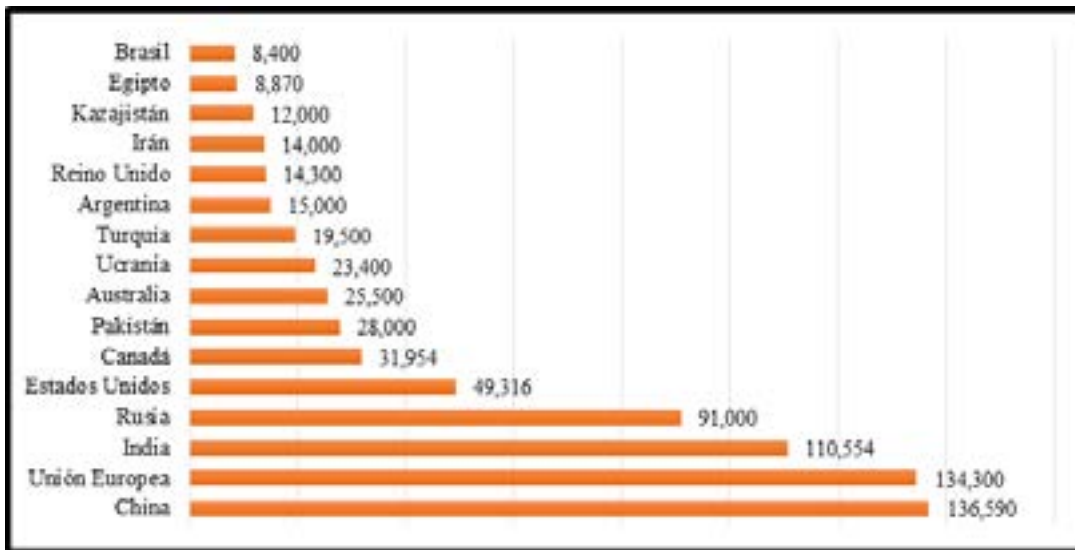
Componentes	Cantidad (mg/100g)		
	(Alimentario Español citado en Rodas, 2013)	(Ormando, et al., 2020)	(FoodData Portal citado en Navarro, 2024)
Calorías	322 Cal	-	-
Grasas	2.20 g	2.14 g	-
Colesterol	0 mg	1	-
Sodio	3 mg	2.5 mg	-
Carbohidratos	58.28 g	-	-
Fibra	9 g	1.44 g	10.60 g
Azúcares	2.10 g	-	-
Proteínas	12.70 g	11.35 g	15.10 g
Vitamina A	0 ug	-	-
Vitamina B12	0 ug	-	-
Hierro	3.90 mg	4.5 mg	3.86 mg
Vitamina C	0 mg	-	-
Calcio	38 mg	38.40 mg	38 mg
Vitamina B3	8.20 mg	-	-
Lípidos	-	-	2.73 g
Hidratos de carbono	-	-	71.20
Magnesio	-	191.6 mg	138 mg
Fosforo	-	159.57 mg	352 mg
Potasio	-	317.5 mg	372
Nitrógeno	-	1.99 g	-

Fuente: Elaboración propia

Según Statista (2023), China lideró la producción mundial de trigo en la temporada 2023/2024, con una cifra de aproximadamente 136,6 millones de toneladas. Le siguieron la Unión Europea y la India, mientras que países como Francia y Alemania destacaron dentro de la UE con una producción conjunta de 57 millones de toneladas en 2022. Este cereal es el segundo más producido en el mundo, con volúmenes superiores a los 715 millones de toneladas anuales durante la última década, lo que se ha visto favorecido por el aumento en la superficie de cultivo en los últimos años. Rusia se posicionó como el mayor exportador, con más de 50 millones de toneladas, mientras que Ucrania ocupó el sexto lugar con 14 millones de toneladas exportadas.

Figura 1

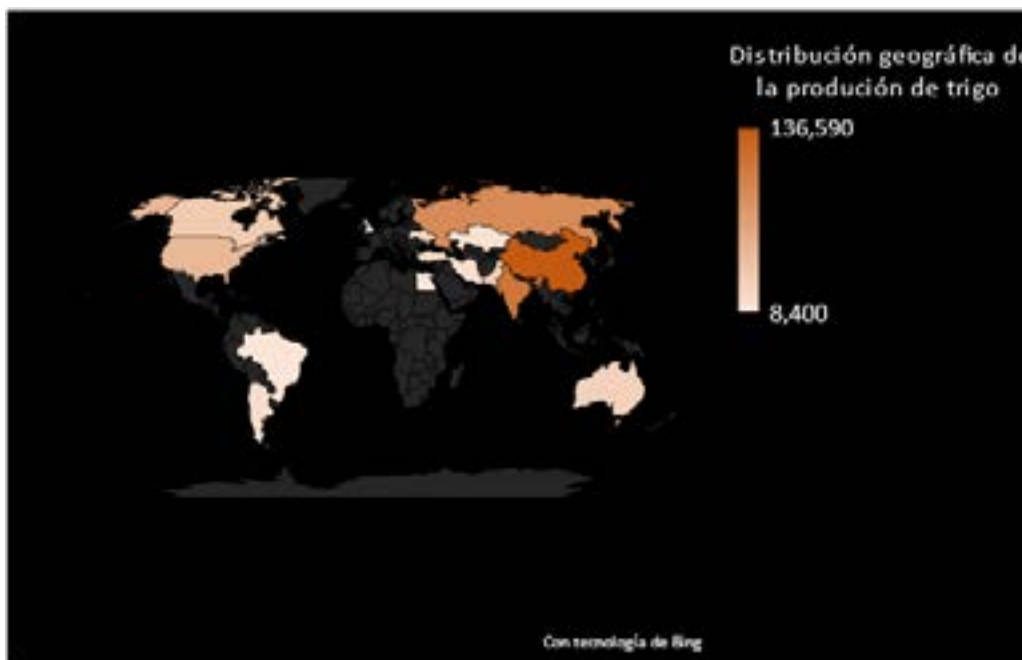
Producción de trigo en miles de toneladas, 2023.



Nota: Adaptado de Statista, 2023, <https://www.statista.com>

Figura 1

Distribución geográfica de la producción de trigo en 2023.



Nota: Adaptado de Statista, 2023, <https://www.statista.com>

Tabla 3
Principales hallazgos

Nº	País/Año	Recurso biológico	Enfoque	Conclusiones y Hallazgos
1	India, 2022	Harina de arroz incorporada a la mezcla de harina de trigo para desarrollar pretzels bajos en gluten.	Se evaluó cómo la harina de arroz afecta las propiedades funcionales, reológicas, texturales y digestivas de los pretzels.	<ul style="list-style-type: none"> Propiedades físicas: Aumentó en poder de hinchamiento y densidad, reducción en absorción de aceite. Digestibilidad: Aumento del 7,23% en almidón de digestión lenta, reducción del 13,36% en almidón de digestión rápida. Atributos sensoriales: Mejor aceptabilidad, mayor ligereza (L*), menor resistencia a la rotura.
2	India, 2022	Subproductos de cereales y legumbres (cáscara de garbanzo, cáscara de frijol mungo, salvado de arroz, arroz roto, salvado de trigo)	Estudio sobre la formulación de galletas multigran altamente nutritivas, con sustitución parcial de harina de trigo por subproductos de molienda. Se usó el diseño compuesto central de la metodología de superficie de respuesta.	Las galletas multigran (MBC) tienen una composición nutricional superior a las galletas de trigo (WFC), con más proteína cruda (18% vs. 7.78%), más fibra cruda (5% vs. 2%) y mayor concentración de calcio y fósforo. La aceptabilidad sensorial de las MBC fue alta (8.13 en la escala hedónica de 9 puntos).
3	India, 2023	Sorgo (variedad HJ-513), germinado durante 1 a 5 días.	El enfoque analizó los efectos de la germinación del sorgo en propiedades como la capacidad de absorción de agua y aceite, densidad aparente, propiedades de pasting, compuestos fenólicos y flavonoides, y la actividad antioxidante DPPH.	La germinación del sorgo mejoró los compuestos fenólicos totales, la capacidad de absorción de agua (14.01%) y aceite (25.97%), y redujo la densidad aparente (de 760.99 a 644.69 kg/m ³). Los panes con 10% y 20% de reemplazo de trigo fueron más duros y oscuros, con el pan al 20% más denso.
4	Brasil, 2023	Harina de torta de semilla de faveleira (Cnidocolus quercifolius Pohl).	Este estudio evaluó las propiedades fisicoquímicas, composición química y actividad antioxidante de la harina de torta de semilla de faveleira (FSPCF). Además, se analiza el impacto de esta harina al sustituir parcialmente la harina de trigo refinada (RWF) en galletas.	La harina de torta de faveleira (FSPCF) mostró buenas propiedades fisicoquímicas, alta actividad antioxidante (0.45 ± 0.00 y 42.83 ± 1.30 g TE g ⁻¹ en los métodos DPPH y ABTS, respectivamente) y un alto contenido de polifenoles, especialmente ácido gálico (21015.85 ± 4981.76 g kg ⁻¹). También es rica en minerales y fibra (359.40 ± 1.10 g kg ⁻¹). Las galletas con 50% de FSPCF presentaron el mayor contenido de ácido linoleico (97.50 ± 8.47 g kg ⁻¹).

5	Italia, 2023	(Nouioura et al., 2024)	Se investigó la sustitución parcial de harina de trigo tradicional por harina de castaña de agua en la preparación de fideos ramen, evaluando la composición, propiedades de pastado, índices farinográficos, y características funcionales.	La sustitución de harina de trigo por harina de castaña de agua mejoró significativamente la fibra, el potencial antioxidante y el contenido mineral, mientras que redujo el contenido de grasa y calorías. Además, el color de los fideos ramen cambió con la adición de harina de castaña, y la textura recibió puntuaciones hedónicas entre 7.57 y 8.38.
6	Brasil, 2023	Cáscara de sandía (Citrullus lanatus)	Desarrollo de harina de cáscara de sandía (WRF) para la producción de pan rico en fibra. Se evaluaron propiedades microbiológicas, composición proximate, actividad antioxidante y perfil de compuestos fenólicos.	La harina de cáscara de sandía mostró un alto contenido de fibra (27.15%) y compuestos fenólicos, con ácido benzoico como el principal. El pan con 40% de WRF fue una fuente significativa de fibra, pero la dureza aumentó con el contenido de WRF.
7	EE.UU., 2023	Brosimum alicastrum (semillas de ramón)	Se evaluó el uso de harina de semilla de B. alicastrum como sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de galletas tipo "snap". Las galletas se elaboraron con diferentes niveles de sustitución (0%, 25% y 50%) de la harina de trigo por harina de semilla de ramón.	El aumento en la proporción de harina de semilla de Brosimum alicastrum en las galletas (hasta un 50%) redujo características como el pH, el ancho, la dureza y la tenacidad, mientras que aumentó la humedad. A pesar de no observarse diferencias significativas en peso y fragilidad entre las galletas con 25% y 50% de sustitución, la dureza fue menor en estas últimas en comparación con las galletas de control.
8	Brasil, 2023	Subproducto de uva Shiraz (Vitis vinifera L.) y almidón de arrurruz (Maranta arundinaceae L.)	Desarrollo de panettones enriquecidos con harina de compuestos bioactivos. Se realizaron formulaciones con sustitución parcial de harina de trigo por harina bioactivo en concentraciones de 10%, 15%, y 20%, y una formulación tradicional para evaluar sus propiedades físico-químicas, tecnológicas y bioactivas.	Los panettones presentaron una coloración violeta/azulada debido a los compuestos fenólicos. Las formulaciones con 15% y 20% de harina bioactivo mostraron una mayor capacidad antioxidante, mejorando la textura y estabilidad del producto.

9	India, 2024	Hojas de café (<i>Coffea spp.</i>)	Este estudio realizó la incorporación de harina de hojas de café en la formulación de rusks con harina refinada de trigo para evaluar sus características físico-químicas, reológicas, funcionales y sensoriales.	La adición progresiva de harina de hojas de café (CLP) mejoró las características funcionales de los rusks elaborados con harina de trigo refinada. Con el aumento del CLP, se observó un incremento en el contenido de fibra dietética ($2.51 \pm 0.2\%$), cenizas ($1.09 \pm 0.11\%$) y capacidad de absorción de agua ($59.7 \pm 0.1\%$). Los rusks con 3% de CLP mostraron un aumento significativo en los fenoles dietéticos ($232.21 - 435.19 \text{ mg}/100 \text{ g}$) y la actividad antioxidante ABTS ($963.89 - 1607.25 \text{ } \mu\text{M-TEAC}/\text{g}$), manteniendo características físicas y sensoriales aceptables.
10	Brasil, 2024	Harina de residuos de poda de espárragos (AF)	Evaluación del uso de AF como reemplazo parcial de harina de trigo en la producción de pasta sometida a diferentes temperaturas de secado.	La adición de harina de residuos de poda de espárragos (AF) hasta un 10% mejoró los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante de la pasta, aunque estos se redujeron con temperaturas de secado altas. La pasta secada a alta temperatura mostró una disminución del 53% en el tiempo de cocción, 43% en absorción de agua y 72% en pérdida de cocción. En términos de textura, las altas temperaturas aumentaron la resistencia a la ruptura y corte, pero la incorporación de AF redujo estas propiedades.
11	Pakistán, 2024	Harina de sago (Sago flour)	Reemplazo parcial de la mantequilla con harina de sago en la formulación de muffins bajos en grasa. Se evaluaron propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las mezclas de harina de trigo-sago y el impacto de estos cambios en las características de textura, color y atributos sensoriales.50%).	El estudio sobre muffins bajos en grasa con harina de sago como reemplazo parcial de la mantequilla muestra que la harina de sago mejora el contenido de cenizas de 1.08% a 3.09%. También afectó las propiedades de la harina, como la retención de solventes, hinchamiento y viscosidad. Con un reemplazo de grasa del 50%, los muffins tuvieron una mayor densidad y firmeza (32.67 N).

12	Pakistán, 2024	Harina de castaña de agua.	Desarrollo de galletas nutritivas reemplazando parcialmente la harina blanca por harina de castaña de agua en niveles de 15 %, 30 %, 45 %, y 60 %.	Diámetro y grosor de las galletas aumentaron con el reemplazo. El contenido de fibra y cenizas incrementó significativamente de 2.8 ± 0.1 % y 1.3 ± 0.1 % (T0) a 6.1 ± 0.1 % y 2.2 ± 0.1 % (T4). Minerales (K, Mg, Zn, Fe, P, Cu) se incrementaron notablemente, con valores de 98.3 ± 0.1 mg/100 g (K) en T4. T1 y T2 (15-30 % de reemplazo) tuvieron calificaciones sensoriales aceptables, siendo ideales para productos de buena calidad y valor nutritivo.
13	India, 2024	El mijo perla (<i>Pennisetum glaucum</i>) y los residuos de ghee.	Desarrollo de muffins sin gluten mediante la sustitución parcial de harina de trigo refinada (RWF) con harina de mijo perla (PMF) y el uso de harina de residuos de ghee (GRP) como ingrediente funcional para reemplazar la proteína de suero (WPC).	La sustitución del 50% de harina de trigo refinada (RWF) con harina de mijo perla (PMF) y el uso de hasta 25% de harina de residuos de ghee (GRP) permitió elaborar muffins sin gluten con buena calidad. Aunque el volumen disminuyó de 56.19 a 36.84 cm ³ y la dureza también se redujo, las propiedades sensoriales fueron satisfactorias. El batido presentó menor gravedad específica (1.05 a 0.99) y mayor intensidad de color rojo y amarillo. La combinación de 50% PMF y 25% GRP demostró ser ideal, mejorando el perfil nutricional y funcional de los muffins sin comprometer su aceptabilidad.
14	España, 2024	Almendra (bagazo derivado de la producción de bebida vegetal de almendra).	Evaluar el bagazo de almendra como ingrediente funcional en la elaboración de productos de panadería, analizando sus propiedades tecnológicas, reológicas, físicas y antioxidantes en galletas con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo.	La harina de bagazo de almendra liofilizado mostró una capacidad emulsificante superior (59%) comparado con la harina secado al aire (20%). La viscosidad final de las mezclas disminuyó de 2302 MPa·s en la harina de trigo a 873 MPa·s con un 25% de harina de almendra secado al aire. En las galletas, la capacidad antioxidante aumentó hasta un 33% con un 25% de sustitución por harina de almendra secado al aire caliente, mejorando su valor nutricional y funcional.

15	Pakistán, 2024	Frutas de mango (<i>Mangifera indica</i> L.), incluyendo pulpa, semilla y cáscara.	Evaluación de la composición nutricional, los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante en diferentes fracciones del mango, así como su incorporación en la formulación de galletas.	Los subproductos de mango, como la pulpa, la semilla y la cáscara, presentan propiedades nutricionales y bioactivas notables. En términos de minerales, el harina de cáscara destacó con concentraciones significativas de magnesio (132,43 mg/100 g), hierro (15,70 mg/100 g), zinc (4,23 mg/100 g), cobre (2,56 mg/100 g) y manganeso (0,60 mg/100 g). En cuanto a compuestos bioactivos, el extracto de cáscara mostró los niveles más altos de fenoles totales (56,34 mg GAE).
16	India, 2024	Harina de coco parcialmente desgrasada (PDCF), obtenida de la torta de aceite de coco virgen.	Se utilizó PDCF como sustituto de la harina de trigo refinada en la preparación de muffins, evaluando cambios en la viscosidad de la masa, color y propiedades texturales.	La incorporación de harina de coco parcialmente desgrasada (PDCF) en muffins como sustituto de la harina de trigo refinada resultó en muffins con mayor contenido de fibra (5.53%) y proteína (7.57%), mejorando su aceptabilidad. La viscosidad de la masa disminuyó significativamente a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución, y las propiedades texturales también mostraron variaciones. El almacenamiento a 25 ± 2°C por siete días mostró un aumento en el recuento microbiano y una ligera reducción en las propiedades texturales, pero ambas dentro de rangos aceptables.
17	Egipto, 2018	Cebada malteada con cáscara y sin cáscara.	Se evaluó la sustitución de harina de trigo por cebada malteada en galletas, con el objetivo de analizar cambios en sus propiedades físico-químicas, texturales y nutricionales.	La sustitución de 25-30% de harina de trigo por cebada malteada resultó en un aumento de la densidad, textura y capacidad de retención de agua y aceite. El contenido de fibra dietética y β-glucano aumentó, mientras que los niveles de grasa y carbohidratos disponibles disminuyeron. La evaluación sensorial mostró que la mejor aceptación ocurrió con sustituciones del 25-30%.

18	Serbia, 2018	Pulpa de manzana (subproducto de la extracción de jugo).	Incorporación de pulpa de manzana coextrudada con sémola de maíz en la formulación de bizcochos, reemplazando parcialmente la harina de trigo en diferentes niveles (10%, 20%, 30%).	A medida que aumentaba el porcentaje de coextrudado, se incrementaba la absorción de agua y el tiempo de desarrollo de la masa, con una pérdida de elasticidad. El volumen específico del bizcocho disminuyó entre un 3.6% y 14.2%, pero el cambio sensorial solo fue significativo con el 30% de sustitución.
19	Ubrania, 2019	Harina de piñón de cedro (CNM) y harina de nuez de nogal (WNM).	Estudio de las propiedades tecnológicas de las harinas de piñón de cedro y nuez de nogal, con énfasis en su capacidad de retención de agua, capacidad de retención de grasa (FRC), y su influencia en la emulsificación de aceites líquidos en la preparación de galletas de mantequilla, así como su comparación con la harina de trigo en diversas condiciones de temperatura.	Las harinas de piñón de cedro (CNM) y nuez de nogal (WNM) demostraron propiedades tecnológicas superiores a la harina de trigo, como una mayor capacidad de retención de agua y grasa, y una mayor capacidad de emulsificación de aceites líquidos. Al sustituir hasta un 50% de margarina con aceite vegetal líquido, se mejoró la estabilidad de la emulsión, acercándose a la estabilidad obtenida con margarina pura, también mostraron un aumento en la retención de grasa a temperaturas moderadas (20-60 °C), aunque a temperaturas más altas, la capacidad disminuyó.
20	Eslovaquia, 2015	Harina integral de avena y masa madre de avena fermentada con Lactobacillus plantarum.	Se investigó el impacto de la sustitución parcial de harina de avena integral por masa madre de avena fermentada en una fórmula de pan de trigo y avena, evaluando tanto los constituyentes básicos del pan como sus propiedades organolépticas y nutricionales	La fermentación de la masa madre con Lactobacillus plantarum resultó en una concentración de 10^7 CFU/g de células bacterianas viables y 2.95 g/l de ácido láctico. La masa madre de avena presentó una consistencia estable de gel, adecuada para su aplicación tecnológica como iniciador, con un 12.91% de materia seca y un pH de 4.6. Esta masa madre redujo significativamente el contenido de almidón, alcanzando un 1.7%. Cuando se incorporó en el pan de trigo y avena hasta un 30% de la porción de avena, el pan final mostró un alto contenido de fibra (10.15%) y β -glucano (3.09%), además de un valor energético bajo (844 kJ/100 g).

21	Egipto, 2017	Harina de arroz, harina de sorgo, harina de garbanzo germinado.	La investigación estudió el impacto de la sustitución parcial de harina de arroz (20%, 30%, y 40%) con harinas de sorgo y garbanzo germinado en las propiedades reológicas, físicas y sensoriales de pasteles sin gluten. Además, se evaluó la tasa de envejecimiento de los productos horneados.	La harina de garbanzo germinado mostró el mayor contenido de proteína cruda (23.62%), lípidos (4.89%) y fibras crudas (5.76%) en comparación con otras harinas de grano. No hubo diferencias significativas en el volumen específico entre los pasteles de arroz y los que contenían 20% de harina de garbanzo o sorgo. Se observó un aumento en la luminosidad (L*) y la intensidad total de los pasteles con 40% de harina de sorgo, mientras que la sustitución con 40% de harina de garbanzo germinado aumentó el valor de la coloración (a* y b*), atribuible a los pigmentos naturales amarillos.
22	Indonesia, 2019	harina de algas marinas (E. Cottonii) y harina de calabaza (Cucurbita moschata)	El enfoque de la investigación fue la mejora nutricional de los fideos mediante la sustitución parcial de harina de trigo con harinas de algas marinas y calabaza. El estudio siguió un diseño experimental con un diseño completamente aleatorizado y se dividió en tres etapas: la producción de las harinas, la fabricación de los fideos secos compuestos y el análisis de los componentes nutricionales de los fideos obtenidos.	Los fideos preparados con la mezcla de harina de algas (R10L20) y harina de calabaza (R0L30) cumplieron con los estándares de calidad de la norma SNI 01-2974-1996, destacándose como una fuente potencial de carotenoides e yodo. Además, el tiempo de cocción óptimo fue de 3.5 minutos, lo que hace que estos fideos sean una opción funcional y nutricionalmente enriquecida.

23	Italia, 2018	Harina de quinoa, Harina de Kamut®, Bacterias lácticas (<i>Lactobacillus paracasei</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus brevis</i>)	El estudio se centró en la fermentación de masas elaboradas con harinas de quinoa y Kamut®, inoculadas con diferentes cepas de <i>Lactobacillus</i> . Se evaluó el crecimiento microbiano, el pH, la acidez, y la formación de compuestos volátiles responsables de los aromas y sabores. Estas masas fermentadas fueron comparadas con las elaboradas con harina de trigo al 100%.	Los resultados mostraron que <i>Lactobacillus paracasei</i> II tuvo el mejor crecimiento (más de 9.0 log CFU/g en 24 h) y produjo compuestos volátiles deseables como diacetilo y acetoino, que aportan notas mantecosas y afrutadas, clave en productos de panadería. La fermentación mejoró la calidad nutricional y sensorial, haciendo a estas harinas una alternativa prometedoras para sustituir parcial o totalmente la harina de trigo en productos de panificación.
24	Arabia, 2015	Harina de garbanzo	Evaluar los efectos de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de sorgo o de garbanzo (en niveles del 10% y 15%) en las propiedades químicas, reológicas, sensoriales y de calidad de bizcochos y galletas. Se investigaron parámetros como absorción de agua, volumen, composición química, relación de propagación	El estudio concluyó que la sustitución parcial de harina de trigo con harina de sorgo o garbanzo (10% y 15%) influye significativamente en las propiedades químicas, reológicas y sensoriales de bizcochos y galletas. La harina de garbanzo presentó un mayor contenido de proteína (21%), lípidos (6%), cenizas (3%) y fibra cruda (12%) que la harina de sorgo. Los bizcochos con 10% de harina de garbanzo lograron mayor volumen y aceptación sensorial, especialmente al usar mejorados, mientras que el sorgo tuvo efectos reológicos menos favorables.

25	Pakistán, 2019	Harina de yuca	<p>El enfoque principal de esta investigación fue evaluar los efectos de la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de yuca (5-30%) en las propiedades físicas y químicas de la masa y el pan. El estudio consideró aspectos como la granulometría, el contenido de fibra, cenizas y humedad, además de características como la luminosidad y los atributos sensoriales del pan. Se utilizó harina de yuca procesada mediante secado solar y en horno (variedad BEN 86 052)</p>	<p>El estudio demostró que la sustitución parcial de harina de trigo con harina de yuca (5-30%) produjo masas y panes aceptables con características físicas similares a la harina de trigo (granulometría <160 µm, contenido de fibra <1%, cenizas <0.7%, y humedad <10%). No se observaron diferencias significativas ($p>0.05$) en la luminosidad (L^* alrededor de 88) al reemplazar hasta un 30%. El pan con 10% de harina de yuca presentó atributos de calidad comparables al 100% de harina de trigo. La sustitución al 20% resultó viable sin alterar significativamente las propiedades del pan, aunque niveles superiores afectaron la calidad.</p>
26	Grecia, 2019	Harina de cebada y centeno	<p>El estudio evaluó el impacto de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de cebada y centeno (0, 10, 20, 30 y 40%) en la calidad de las galletas, considerando además el efecto del tamaño de partícula. Para ello, se utilizaron harinas comerciales y muestras procesadas por molinenda a chorro con partículas más finas. Se midieron parámetros como peso, dureza, porosidad, densidad, color, contenido fenólico total y actividad antioxidante de las galletas, analizando cómo las características botánicas y físicas de las harinas afectaban la calidad del producto final.</p>	<p>La sustitución parcial de harina de trigo con harinas de cebada y centeno mostró varios efectos sobre la calidad de las galletas. Se encontró que las galletas elaboradas con harinas compuestas (hasta un 40% de sustitución) fueron más blandas y oscuras que las galletas control (100% harina de trigo), con una mayor actividad antioxidante y contenido fenólico total. En términos de textura, las galletas con harina de cebada más fina fueron más duras que las hechas con harina comercial.</p>

27	Brasil, 2018	Harinas de frijoles (blanco, rojo, carioca, negro)	Se sustituyó el 30% de la harina de trigo por harinas de frijol en la elaboración de muffins y se evaluaron las propiedades físicas, la composición química y las características sensoriales.	La sustitución aumentó la capacidad de retención de agua sin afectar el volumen de los muffins. Se mejoraron los valores nutricionales, con aumentos en minerales, proteínas, fibra y compuestos fenólicos. Los muffins con harina de frijol blanco y negro mostraron aceptación similar a los muffins estándar, mientras que los otros frijoles también tuvieron alta
28	Brasil, 2018	Almidón resistente (RS)	Se evaluó la sustitución parcial (0, 10, 15 y 20%) de harina de trigo con almidón resistente (RS) en la masa y la calidad del pan	La sustitución hasta un 15% de harina con RS no afectó significativamente la calidad del pan, manteniendo un volumen específico y humedad de la miga similar al pan control. El pan con RS mostró mayor humedad en la miga, menor firmeza y una tasa de retrogradación más baja, lo que contribuyó a una menor dureza durante el almacenamiento y a una mayor capacidad de retención de agua.
29	Brasil, 2019	Harina de culmo de bambú joven (YBCF)	Estudio sobre la sustitución del 15% de harina de trigo por YBCF en la formulación de galletas, utilizando un diseño compuesto central con reducción de azúcar y grasa, evaluando estabilidad y composición nutricional durante 28 días de almacenamiento.	La reducción de azúcar afectó el diámetro de las galletas. Las galletas con reducción de 50% de azúcar y grasa mantuvieron baja actividad de agua, humedad y crujido, además de un valor energético menor, desatando a YBCF como ingrediente prometedor por su alto contenido en fibra y reducción de azúcar y grasa.
30	Brasil, 2018	Harina de semillas de calabaza	Evaluación de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de semilla de calabaza en la formulación de cupcakes, investigando texturas, volumen, color, composición proximal y propiedades microscópicas.	La proporción óptima fue la de 50%, ya que presentó propiedades sensoriales similares a los cupcakes tradicionales (100% harina de trigo), pero con un mayor valor proteico. La sustitución también puede reducir costos, aprovechando un subproducto como la semilla de calabaza.

Las harinas en productos de panificación y pastelería, abarcan gran parte de los alimentos elaborados a partir de masas y mezclas en la elaboración de panes, bizcochos, galletas, pasteles, y otros productos de panificación, por otro lado, estos productos están caracterizados por tener una composición en base a harinas, grasas, azúcares y otros ingredientes, que pueden variar según el tipo de producto final. La calidad y funcionalidad de la harina utilizada influyen directamente en las propiedades organolépticas y nutricionales del producto (Ahsan et al., 2023; Adsare & Annapure, 2024).

Tabla 4

Tipos de harina

Harina integral de trigo	Harina no tradicional
Este tipo de harina tiene propiedades particularmente favorables para su uso en panificación debido a su contenido de gluten (en el caso del trigo), su capacidad para crear estructura y sus propiedades de gelatinización del almidón (Ahsan et al., 2023).	Son harinas producidas a partir de cereales, pseudocereales, leguminosas y tubérculos, que no suelen utilizarse en procesos industriales a gran escala. Este tipo de harina ha despertado interés por su valor nutricional, diversidad funcional y capacidad para reducir el impacto ambiental de la harina convencional (Barros et al., 2018; Ahsan et al., 2024).

Tabla 5

Fuentes de producción de harina

Cereales	Pseudocereales	Tubérculos
Estos incluyen fuentes como el maíz, la avena, la cebada y el sorgo. Estos cereales contienen carbohidratos complejos, proteínas y fibra, que son especialmente útiles en productos horneados (Ahsan et al., 2023).	Son productos como la quinua, el amaranto y el trigo sarraceno. Estos ingredientes son ricos en proteínas, ácidos grasos esenciales y oligoelementos, lo que los hace atractivos para enriquecer productos de panadería (Ahsan et al., 2024).	Se utilizan fuentes como la yuca, la batata y la papa para producir harinas con alta capacidad de retención de agua, al tiempo que mejoran la textura y el contenido de humedad del producto final (Barros et al., 2018).

Las harinas no tradicionales en productos de confitería se comportan de manera diferente según su composición química y propiedades funcionales. Pseudocereal en harina: mejora la composición nutricional aportando proteínas y minerales (Ahsan et al., 2023). harina de yuca: aumenta la esponjosidad y la humedad (Ahsan et al., 2024). Legumbres: aumenta el contenido de proteínas y fibra, pero puede afectar la textura debido a la absorción de agua (Barros et al., 2018).

Tabla 6

Efectos de la sustitución de harinas no convencionales en los productos

Producto estudiado	Tipo de harina no convencional utilizada	Porcentaje de sustitución de harina	Principales resultados
Pretzels	Harina de arroz	35%	Mayor contenido de almidón resistente y digestión lenta; mejor aceptabilidad sensorial
Galletas multibrotos	Subproductos de cáscara de garbanzo y arroz	Variable	Mayor contenido de proteína y fibra; aceptabilidad sensorial satisfactoria
Pan funcional con sorgo germinado	Harina de sorgo germinado	10%-20%	Mejor capacidad antioxidante y contenido fenólico; pan más denso y oscuro
Galletas con torta prensada de faveleira	Harina de torta prensada de faveleira	25%-50%	Mayor contenido de fibra, minerales y polifenoles; buena aceptación sensorial
Fideos ramen	Harina de castaña de agua	30%-50%	Mayor contenido de fibra y minerales; reducción en grasas y calorías
Pan enriquecido con cáscara de sandía	Cáscara de sandía	20%-40%	Mayor contenido de fibra y compuestos antioxidantes
Galletas con polvo de Brosimum alicastrum	Polvo de Brosimum alicastrum	25%-50%	Reducción en dureza y tenacidad; menor pH
Panettones enriquecidos con subproductos de uva	Polvo bioactivo de uva Shiraz	10%-20%	Mayor contenido de antocianinas y compuestos fenólicos; apariencia mejorada
Rusk con polvo de hoja de café	Polvo de hoja de café	3%	Mayor contenido de fibra y antioxidantes; buena aceptación sensorial
Pasta con poda de espárragos	Poda de espárragos	10%	Reducción del tiempo de cocción; mayor actividad antioxidante
Muffins con harina de sagú	Harina de sagú	25%-50%	Reducción en grasa total; buena aceptación sensorial

Galletas con harina de castaña de agua	Harina de castaña de agua	15%-60%	Incremento en minerales y fibra; buena calidad sensorial hasta 30% sustitución
Muffins con harina de mijo perla	Harina de mijo perla	50%	Mejor retención de agua; aumento en minerales y fibra
Galletas con bagazo de almendra	Bagazo de almendra	10%-25%	Mayor contenido antioxidante y reducción en viscosidad final
Galletas con cáscara de mango	Cáscara de mango	5%	Mayor contenido de compuestos bioactivos; aceptabilidad sensorial comparable
Muffins con harina de coco	Harina de coco desgrasada	25%-100%	Mayor contenido de fibra; reducción en grasas
Galletas con malta de cebada	Malta de cebada	25%-35%	Mayor contenido de fibra y minerales; buena aceptación sensorial
Bizcochos con orujo de manzana	Orujo de manzana	10%-30%	Reducción en elasticidad; aumento en absorción de agua
Galletas con harina de nuez	Harina de nuez	30%-50%	Mejor capacidad emulsionante; mayor estabilidad de emulsiones
Pan con avena fermentada	Avena fermentada	30%	Mayor contenido de fibra y β -glucanos
Tortas sin gluten con sorgo y garbanzo	Sorgo y garbanzo germinado	20%-40%	Mayor contenido de proteínas y pigmentos naturales
Fideos con harina de algas y calabaza	Harina de algas y calabaza	Variable	Fuente de caroteno y yodo; reducción en grasa
Masa fermentada con quinoa y Kamut®	Quinoa y Kamut®	Parcial	Producción de compuestos volátiles deseados; mejora en perfil aromático
Galletas con harina de garbanzo	Harina de garbanzo	10%-15%	Mayor contenido de proteína y fibra; aceptabilidad mejorada

Pan compuesto con harina de yuca	Harina de yuca	5%-30%	Buena calidad sensorial hasta 10% de sustitución
Galletas con harina de centeno y cebada	Harinas de centeno y cebada	10%-40%	Mayor contenido de fibra y antioxidantes
Muffins con harina de frijol	Harina de frijol	30%	Incremento en proteínas, fibra y compuestos fenólicos
Pan con almidón resistente	Almidón resistente	15%	Reducción en retrogradación; pan más suave durante almacenamiento
Galletas con harina de bambú	Harina de bambú	15%	Reducción en azúcar y grasa; mayor contenido de fibra
Cupcakes con harina de semilla de calabaza	Harina de semilla de calabaza	25%-75%	Mayor textura y cohesión; alta aceptación sensorial

La aceptabilidad sensorial generalmente se mantiene o mejora, como se observa en productos elaborados con cáscara de mango o bagazo de almendra, que ofrecen texturas y sabores deseables. Sin embargo, algunos productos, como panes con sorgo germinado, presentan cambios en densidad y color. En productos específicos, como cupcakes con harina de semilla de calabaza y pasteles con quinoa y Kamut®, se demuestra una combinación de mejor textura, propiedades antioxidantes y valor nutricional elevado.

Tabla 6

Impacto de Harinas No Convencionales

Atributo	Rangos Observados (%)	Efectos Generales de las Harinas No Convencionales
Color	-18%	Disminución de luminosidad (L*) y aumento en tonos rojizos (a*) y amarillos (b*), dependiendo del tipo de harina (ej., bagazo de uva, cáscara de mango).
Proteína	13%	Incremento notable en mezclas con harinas ricas en proteínas (ej., garbanzo germinado, sorgo germinado).
Humedad	10%	Mayor retención de humedad en mezclas con alta fibra (ej., avena fermentada, bagazo de almendra).
Grasa	-20%	Disminución en mezclas con harinas de bajo contenido graso (ej., cáscara de mango).
Ceniza	20%	Aumento en mezclas con harinas ricas en minerales (ej., bagazo de uva, faveleira).
Fibra	33%	Incremento significativo en productos con harinas derivadas de subproductos (ej., castaña de agua, bagazo de almendra).

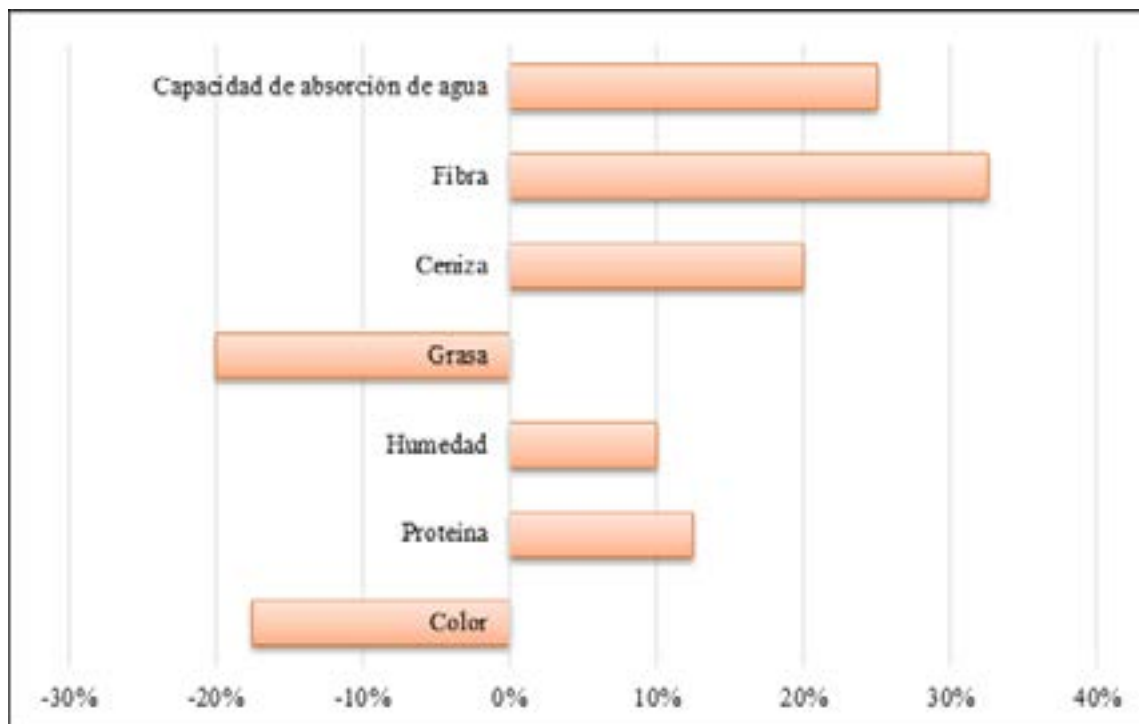
Capacidad 25%
de absor-
ción de
agua

Mejora en capacidad de absorción de agua con harinas funcionales como avena fermentada y bagazo de almendra.

Nota: Estos cambios reflejan el gran potencial de las harinas no convencionales para diversificar y enriquecer productos alimenticios con propiedades funcionales y valor agregado.

Figura 3

Gráfico de barras horizontales divergentes



Nota: Elaboración propia

DISCUSIÓN

La revisión sistemática evidencia un avance significativo en la utilización de harinas no tradicionales como sustitutos parciales de la harina de trigo, con implicaciones tanto nutricionales como industriales. Autores destacados, como (Ahsan et al., 2024), subrayan los beneficios funcionales y nutricionales de estas harinas, incluyendo un mayor contenido de fibra, antioxidantes y minerales esenciales. Por ejemplo, el uso de harina de sorgo germinado ha demostrado mejorar la capacidad antioxidante y la absorción de agua, mientras que las harinas de castaña de agua y bagazo de almendra incrementan la funcionalidad y el perfil nutricional de los productos alimenticios. Sin embargo, estudios como los de Clark y Murray (2020) y Batista et al. (2018) identifican limitaciones en cuanto a las propiedades físicas y sensoriales de los productos, como el aumento en densidad y cambios en textura y color. Estas limitaciones destacan la necesidad de optimizar los niveles de sustitución y desarrollar tecnologías que preserven la aceptabilidad sensorial. Desde una perspectiva industrial, la

incorporación de subproductos agroindustriales, como la cáscara de mango y la cáscara de sandía, contribuye a un modelo de producción más sostenible, reduciendo el desperdicio y diversificando las materias primas. Sin embargo, los desafíos logísticos y económicos asociados a la adopción masiva de estas harinas requieren mayor investigación.

CONCLUSIONES

La sustitución parcial de la harina de trigo por harinas no convencionales ofrece oportunidades significativas para mejorar el valor nutricional y funcional de los productos panificados y de confitería. Ingredientes como sorgo germinado, castañas de agua, cáscaras de mango y sandía han demostrado aumentar el contenido de fibra, proteínas y antioxidantes, promoviendo alimentos con beneficios adicionales para la salud. Además, la incorporación de subproductos agroindustriales contribuye a la sostenibilidad, reduciendo el desperdicio y diversificando las fuentes de materia prima en la industria alimentaria. No obstante, este enfoque enfrenta desafíos importantes, particularmente en la textura, densidad y aceptabilidad sensorial de los productos elaborados. Aunque los resultados son prometedores, se requiere un equilibrio cuidadoso entre los niveles de sustitución y la preservación de las propiedades organolépticas deseadas. Este estudio resalta la necesidad de continuar investigando tecnologías y formulaciones que maximicen los beneficios nutricionales y funcionales, garantizando al mismo tiempo la viabilidad comercial de estos productos en el mercado.

REFERENCIAS

- Hoseney, R. C. (1994). *Principles of cereal science and technology* (2nd ed.). American Association of Cereal Chemists.
- Clark, J., & Murray, M. (2020). Food substitution: Enhancing nutrition and sustainability. *Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2020>
- Adsare, S. R., & Annapure, U. S. (2024). Partially defatted coconut flour as a functional ingredient in replacement of refined wheat flour for development of fiber rich muffins. *Journal of Food Science and Technology*, 61(3), 491–502. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05857-2>
- Ahsan, M., Moin, A., Ashraf, H., Kamran, M., Manzoor, I., & Giuffrè, A. M. (2023). Technological, quality and nutritional characteristics of Ramen noodles with wheat flour partially substituted by water chestnut flour. *Italian Journal of Food Science*, 35(4), 136–146. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v35i4.2423>
- Ahsan, M., Moin, A., Ashraf, H., Khan, A., & Giuffrè, A. M. (2024). Formulation and characterization of reduced fat muffins using a plant based fat replacer. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-024-06045-6>
- Arana, A. (2014). *Procesamiento de granos para la elaboración de pan multigrano y estimación del índice glucémico in vitro* (Tesis de maestría). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/265/1/ARANA-NAVARRO-AZ14.pdf>
- Barros, J. H. T., Telis, V. R. N., Taboga, S., & Franco, C. M. L. (2018). Resistant starch:

- effect on rheology, quality, and staling rate of white wheat bread. *Journal of Food Science and Technology*, 55(11). <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3393-6>
- Batista, J. E. R., Braga, L. P., de Oliveira, R. C., Silva, E. P., & Damiani, C. (2018). Partial replacement of wheat flour by pumpkin seed flour in the production of cupcakes filled with carob. *Food Science and Technology (Brazil)*, 38(2). <https://doi.org/10.1590/1678-457X.36116>
- Becerra, E., & Tuñoque, Y. (2018). Influencia de la variedad de trigo (*triticum aestivum*) sobre la calidad panadera de la harina producida en la empresa alimenta Perú S.A.C. (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias. <file:///C:/Users/Deysi/Downloads/BC-TES-TMP-990.pdf>
- Blažeková, L., Polakovičová, P., Mikušová, L., Kukurová, K., Saxa, V., Ciesarová, Z., & Šturdík, E. (2015). Development of innovative health beneficial bread using a fermented fibre-glucan product. *Czech Journal of Food Sciences*, 33(2). <https://doi.org/10.17221/42/2014-CJFS>
- Carter, C. T., & Northcutt, J. K. (2023). Quality attributes of sugar snap cookies containing mixtures of wheat flour and roasted or unroasted *Brosimum alicastrum* seed powder. *Cereal Chemistry*, 100(4), 852–863. <https://doi.org/10.1002/cche.10666>
- Chakraborty, M., Budhwar, S., & Kumar, S. (2022). Evaluation of nutrients and organoleptic value of novel value added multigrain cookies using multivariate approach. *Journal of Food Science and Technology*, 59(12), 4748–4760. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05559-1>
- de Barros, L. F. T., Escobar, T. D., de Araújo Ribeiro, P. F., & Kaminski, T. A. (2018). Different classes of bean flour added to muffins. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.08117>
- di Renzo, T., Reale, A., Boscaino, F., & Messia, M. C. (2018). Flavoring production in Kamut®, Quinoa and wheat doughs fermented by *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum*, and *Lactobacillus brevis*: A SPME-GC/MS study. *Frontiers in Microbiology*, 9(MAR). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00429>
- Din, G. M. U., Hussain, A., Ashraf, H., Kausar, T., Fatima, H., Sidrah, Akram, S., Ramzan, M., Iqbal, A., Cacciotti, I., Cacciotti, I., & Korma, S. A. (2024). Physicochemical, nutritional and organoleptic characteristics of cookies based on water chestnut (*Trapa natans*) and wheat. *Food Chemistry Advances*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100691>
- Drakos, A., Andrioti-Petropoulou, L., Evageliou, V., & Mandala, I. (2019). Physical and textural properties of biscuits containing jet milled rye and barley flour. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1). <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3497-z>
- Duarte, S., Harasym, J., Sánchez-García, J., Kelaidi, M., Betoret, E., & Betoret, N. (2024). Suitability of Almond Bagasse Powder as a Wheat Flour Substitute in Biscuit Formulation. *Journal of Food Quality*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/7152554>
- El-Hadary, M., El-Arby, G., Abdel-Hady, M., & Abo-Elmaaty, S. (2018). UTILIZATION OF BARLEY MALT AS A PARTIAL REPLACEMENT OF WHEAT FLOUR IN BISCUITS INDUSTRIES. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 45(1). <https://doi.org/10.21608/zjar.2018.49839>
- Felisberto, M. H. F., Miyake, P. S. E., Beraldo, A. L., Fukushima, A. R., Leoni, L. A. B.,

- & Clerici, M. T. P. S. (2019). Effect of the addition of young bamboo culm flour as a sugar and/or fat substitute in cookie formulations. *Food Science and Technology (Brazil)*, 39(4). <https://doi.org/10.1590/fst.12418>
- Gadallah, M. G. E. (2017). Rheological, Organoleptical and Quality Characteristics of Gluten-Free Rice Cakes Formulated with Sorghum and Germinated Chickpea Flours. *Food and Nutrition Sciences*, 08(05). <https://doi.org/10.4236/fns.2017.85037>
- Hussain, A., Rehman, A., Kauser, S., Ali, A., Arif, M. R., Fatima, H., Firdous, N., Najam, A., Yaqub, S., Nisar, R., Cacciotti, I., & Korma, S. A. (2024). Evaluation of peel, flesh, and kernel of mango (*Mangifera indica* L.) for phytochemicals and application as functional ingredients in bakery formulation. *Nutrire*, 49(2). <https://doi.org/10.1186/s41110-024-00288-1>
- Jan, N., Naik, H. R., Gani, G., Bashir, O., Amin, T., Wani, S. M., & Sofi, S. A. (2022). Influence of replacement of wheat flour by rice flour on rheo-structural changes, in vitro starch digestibility and consumer acceptability of low-gluten pretzels. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00088-y>
- Lagnika, C., Houssou, P. A. F., Dansou, V., Hotegni, A. B., AMOUSSA, A. M. O., Kpotouhedo, F. Y., Doko, S. A., & Lagnika, L. (2019). Physico-Functional and Sensory Properties of Flour and Bread Made from Composite Wheat-Cassava. *Pakistan Journal of Nutrition*, 18(6). <https://doi.org/10.3923/pjn.2019.538.547>
- Manurung, H., Simanjuntak, R., Pakpahan, Y. A., & Pandiangan, S. (2019). Pembuatan Mi Kering Komposit Rumput Laut Labu Kuning Sebagai Pangan Fungsional. *Rona Teknik Pertanian*, 12(2). <https://doi.org/10.17969/rtp.v12i2.14717>
- Navarro, J. (2024). Estudio del efecto de distintos tratamientos de la harina integral del trigo sobre la calidad y la aceptabilidad del pan. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela para Graduados. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/553334/Estudio%20del%20efecto%20de%20distintos%20tratamientos%20de%20la%20harina%20integral%20del%20trigo%20sobre%20la%20calidad%20y%20la%20aceptabilidad%20del%20pan.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paredes Barrera, H. A. (2024). Elaboración de pan común precocido y enriquecido con harina de grillo (*Acheta Domesticus*) [Tesis de maestría, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Institucional de la UIDE. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/6785/1/UIDE-Q-TGAS-2024-25.pdf>
- Patil, S. S., Vedashree, M., Sakhare, S. D., & Murthy, P. S. (2024). Coffee leaf valorisation into functional wheat flour rusk: their nutritional, physicochemical, and sensory properties. *Journal of Food Science and Technology*, 61(6), 1117–1125. <https://doi.org/10.1007/s13197-024-05927-z>
- Pires, C. A., de Oliveira Cavalcante, L. S. P., de Carvalho, A. A. M., de Siqueira, P. A., dos Santos, G. V., de Paiva Anciens Ramos, G. L., Matoso Souto, R. N., de Barros Pinto Moreira, R. V., Teodoro, A. J., Conte Junior, C. A., Cadena, R., & Domingues, J. R. (2023). Watermelon (*Citrullus lanatus*) rind flour: Development and characterization of a novel watermelon byproduct. *Journal of Food Science*, 88(11), 4495–4508. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16779>

- Ribeiro, P. P. C., Junior, F. H. X., do Nascimento Silva, C. G., da Silva, T. M. B., Corrêa, B. B. M., de Veras, B. O., de Magalhães Cordeiro, A. M. T., de Andrade Vieira, É., de Sousa Júnior, F. C., da Silva Chaves Damasceno, K. S. F., da Silva Chaves Damasceno, K. S. F., & Stamford, T. C. M. (2023). Faveleira (*Cnidocolus quercifolius* Pohl) seed press cake flour: production, characterization and application for use in cookies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(2), 627–636. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12174>
- Rodas, L. (2013). Determinación de fibra en pan integral procedente de panaderías artesanales. (Trabajo de grado). Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3261/1/10035.pdf>.
- S., R. I. R., Elsheshetawy, H. E., H., B., E., G., & M., A.-E. (2015). QUALITY CHARACTERISTICS OF SPONGE CAKE AND BISCUIT PREPARED USING COMPOSITE FLOUR. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 23(2). <https://doi.org/10.21608/ajs.2015.14595>
- Sharanagat, V. S., & Nema, P. K. (2023). Bread preparation by partial replacement of wheat by germinated sorghum. *Food Science and Technology International*, 29(1), 13–24. <https://doi.org/10.1177/10820132211058002>
- Shydakova-Kamieniuka, E., Novik, A., Zhukov, Y., Matsuk, Y., Zaparenko, A., Babich, P., & Oliinyk, S. (2019). Estimation of technological properties of nut meals and their effect on the quality of emulsion for butter biscuits with liquid oils. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(11–98). <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.159983>
- Sousa da Silva, D., Saraiva, B. R., Lazzari, A., Cestario, A. C. D. O., de Oliveira, M. C., Bruschi, M. L., Rosa, C. I. L. F., & Matumoto Pinto, P. T. (2024). Valorisation of asparagus pruning waste as a new ingredient to improve pasta quality properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(2), 1150–1159. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16738>
- Souza, E. L., Santos, L. F. P., Barreto, G. D. A., Leal, I. L., Oliveira, F. O., Conceição dos Santos, L. M., Ribeiro, C. D. F., Minafra e Rezende, C. S., & Machado, B. A. S. (2023). Development and characterization of panettones enriched with bioactive compound powder produced from Shiraz grape by-product (*Vitis vinifera* L.) and arrowroot starch (*Maranta arundinaceae* L.). *Food Chemistry Advances*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100220>
- Statista. (2023). Producción mundial y exportaciones de trigo en la temporada 2023/2024. Recuperado de <https://es.statista.com>
- Torbica, A., Tomić, J., Savanović, D., Pajin, B., Petrović, J., Lončarević, I., Fišteš, A., & Blažek-Mocko, K. (2018). Utilization of apple pomace coextruded with corn grits in sponge cake creation. *Food and Feed Research*, 45(7). <https://doi.org/10.5937/ffr1802149t>
- Vinay, G. M., & Singh, A. K. (2024). Effect of Ghee Residue Powder and Pearl Millet Flour Substitution on Rheological, Textural, and Sensorial Characteristics of Eggless Muffin. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/5519265>