

# Ingredients for the Technological and Nutritional Improvement of Gluten-Free Pasta: A Systematic Review

Isabel Virginia Di Natale Mutto<sup>1</sup>; Anthony Job Barzola Principe<sup>2</sup>; Rebeca Salvador-Reyes<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú, [U21208464@utp.edu.pe](mailto:U21208464@utp.edu.pe),  
[U20234458@utp.edu.pe](mailto:U20234458@utp.edu.pe), [rsalvador@utp.edu.pe](mailto:rsalvador@utp.edu.pe)

**Abstract**– *The formulation of gluten-free pasta presents nutritional and technological challenges due to the absence of gluten, which affects its structure, texture, and nutritional quality. Given this issue, the present study aimed to identify and analyze the ingredients used in gluten-free pasta formulations and their impact on nutritional and technological properties. A search was conducted in Scopus, applying the PICO model and the PRISMA method, starting with 343 records, from which 14 articles were selected for analysis. The results showed that the incorporation of cereals and legumes increased protein and fiber content, while also improving digestibility and cohesiveness. From a technological perspective, these ingredients optimized texture and reduced solid loss during cooking. Additionally, the inclusion of algae enhanced antioxidant activity and product firmness. These findings highlight the importance of selecting functional ingredients based on their origin and the specific needs for improvement in gluten-free pasta formulations. The strategic combination of ingredients may provide a viable solution to optimize both the nutritional and technological quality of these products.*

**Keywords**-- *Gluten-free, functional ingredients, nutritional properties, technological properties, systematic review.*

# Ingredientes para la mejora tecnológica y nutricional de pastas sin gluten: una revisión sistemática

Isabel Virginia Di Natale Mutto<sup>1</sup>; Anthony Job Barzola Principe<sup>2</sup>; Rebeca Salvador-Reyes<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú, [U21208464@utp.edu.pe](mailto:U21208464@utp.edu.pe),  
[U20234458@utp.edu.pe](mailto:U20234458@utp.edu.pe), [rsalvador@utp.edu.pe](mailto:rsalvador@utp.edu.pe)

**Resumen**– *La formulación de pastas sin gluten enfrenta desafíos nutricionales y tecnológicos debido a la ausencia de gluten, lo que afecta su estructura, textura y calidad nutricional. Ante esta problemática, el presente estudio tuvo como objetivo identificar y analizar los ingredientes utilizados en la formulación de pastas sin gluten y su impacto en sus propiedades nutricionales y tecnológicas. Se realizó una búsqueda en Scopus, aplicando el modelo PICO y el método PRISMA, partiendo de 343 registros, de los cuales 14 artículos fueron seleccionados para análisis. Los resultados mostraron que la incorporación de cereales y legumbres aumentó el contenido de proteínas y fibra, además de mejorar la digestibilidad y cohesividad. Tecnológicamente, estos ingredientes optimizaron la textura y redujeron la pérdida de sólidos durante la cocción. Asimismo, el uso de algas incrementó la actividad antioxidante y la firmeza del producto. Estos hallazgos destacan la importancia de seleccionar ingredientes funcionales en función de su origen y de las necesidades específicas de mejora en la formulación de pastas sin gluten. La combinación estratégica de ingredientes puede representar una solución viable para optimizar tanto la calidad nutricional como tecnológica de estos productos.*

**Palabras clave**-- *sin gluten, ingredientes funcionales, propiedades nutricionales, propiedades tecnológicas, RSL*

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, entre el 3 % y el 5 % de la población desarrolla enfermedades autoinmunes a lo largo de su vida. Estas patologías se caracterizan por una respuesta inmunitaria anómala en la que el sistema inmune ataca a las células del propio organismo [1]. Un ejemplo de ello es la enfermedad celíaca, en la que los anticuerpos reaccionan contra el gluten presente en la dieta [2]. Las personas con sensibilidad al gluten experimentan una serie de complicaciones de salud relacionadas con la malabsorción de nutrientes, lo que puede derivar en deficiencias de micronutrientes (vitaminas y minerales), fluctuaciones en el peso corporal, anemia y un mayor riesgo de enfermedades óseas [3]. Actualmente, el único tratamiento eficaz para la enfermedad celíaca es seguir una dieta estricta libre de gluten (ALG) de por vida [4].

Un ALG consiste en la exclusión completa del gluten, un complejo proteico presente en cereales como el trigo, el centeno y la cebada. La adherencia a esta dieta permite la remisión de los síntomas, la normalización de los anticuerpos séricos y la recuperación de la mucosa intestinal en pacientes con enfermedades relacionadas con el gluten [5]. No obstante, los productos sin gluten suelen presentar un mayor contenido de carbohidratos y grasas saturadas como estrategia para mejorar

su textura y estabilidad, lo que da lugar a productos con una mayor carga calórica y un impacto negativo en el perfil lipídico de quienes los consumen [2]. Además, estas formulaciones suelen ser deficientes en minerales y fibra, lo que incrementa el riesgo de sobrepeso y obesidad en personas que siguen una dieta sin gluten [2].

Entre los alimentos más consumidos a nivel mundial se encuentran las pastas [6]. Como consecuencia del creciente diagnóstico de alergias y sensibilidades al gluten, la demanda de pastas sin gluten ha aumentado significativamente, generando la necesidad de desarrollar productos alternativos con características tecnológicas y nutricionales mejoradas [7]. Sin embargo, una dieta sin gluten puede conllevar desequilibrios nutricionales, incluyendo un consumo inadecuado de macro y micronutrientes, así como niveles séricos reducidos de hemoglobina y ferritina [8]. En particular, el uso predominante de harinas refinadas en la formulación de estos productos resulta en valores nutricionales bajos, índices glucémicos elevados y una mayor proporción de grasas saturadas [5].

El principal desafío en la producción de pastas sin gluten radica en alcanzar un perfil nutricional y tecnológico similar al de las pastas tradicionales a base de trigo [9]. Diversos estudios han evaluado la incorporación de ingredientes funcionales como residuos de tomate, harina de linaza, grasa de quinua, harina de quinua hiperproteica y biomasas de espirulina con el objetivo de enriquecer las pastas sin gluten [7, 10, 11, 12, 13]. La optimización de estas formulaciones busca replicar la estructura reticulada del gluten mediante la interacción de polímeros como proteínas, almidones e hidrocoloides, los cuales contribuyen a mejorar la textura y estabilidad de las pastas sin gluten [9]. Dentro de estos componentes, la gliadina confiere extensibilidad y viscosidad a la masa, mientras que la glutenina aporta cohesividad y elasticidad. Sin embargo, la elevada presencia de amilopectina en algunas formulaciones puede incrementar el índice glucémico del producto, lo que, a largo plazo, puede favorecer el desarrollo de enfermedades metabólicas [5].

Ante este panorama, es fundamental comprender qué ingredientes se han incorporado en la formulación de pastas sin gluten y cómo estos han contribuido a la mejora de sus características tecnológicas y nutricionales. Sin embargo, a pesar del creciente interés en este tipo de productos, existe una falta de estudios sistemáticos que analicen y sintetizen la información disponible sobre los ingredientes utilizados y su

impacto en la calidad de las pastas sin gluten. En este contexto, la presente Revisión Sistemática de Literatura (RSL) tiene como objetivo analizar la evidencia científica existente sobre los ingredientes empleados en la formulación de pastas sin gluten, identificando su influencia en la estructura, textura, valor nutricional y aceptabilidad sensorial del producto final. A través de la recopilación y síntesis de estudios recientes, esta RSL busca proporcionar una visión integral y detallada sobre los avances tecnológicos en la formulación de pastas sin gluten, con el fin de orientar futuras investigaciones y ofrecer herramientas clave para la industria alimentaria en el desarrollo de productos más equilibrados y funcionales.

## II. METODOLOGIA

### A. Estrategia de búsqueda

Para la elaboración de la RSL, se utilizó el modelo PICO (Población, Intervención, Comparación y Resultado) para definir los elementos clave del estudio. La población estuvo conformada por pastas sin gluten, mientras que la intervención se centró en la adición de ingredientes para mejorar su formulación. No se estableció un grupo de comparación, ya que el estudio no evaluó diferencias frente a productos convencionales. Los resultados analizados incluyeron las mejoras en las características tecnológicas y nutricionales de las pastas sin gluten.

A partir de este modelo, se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué ingredientes se pueden utilizar para mejorar las características nutricionales y tecnológicas de las pastas sin gluten? Derivado de esta cuestión general, se establecieron cinco preguntas específicas que guiaron la investigación: (1) ¿Cuáles son los principales problemas nutricionales y tecnológicos que presentan las pastas sin gluten según la literatura científica? (2) ¿Cuáles son las características de los ingredientes alternativos utilizados en la producción de pastas sin gluten? (3) ¿En qué tipos de pasta se han empleado estos ingredientes y cuál ha sido su formulación? (4) ¿Qué mejoras en el perfil nutricional han sido observadas tras la adición de estos ingredientes? y (5) ¿Cuáles han sido las mejoras en las propiedades tecnológicas de las pastas sin gluten tras la incorporación de estos ingredientes?

Para responder estas preguntas, se definieron palabras clave y operadores booleanos con el fin de construir una ecuación de búsqueda que permitiera la recuperación eficiente de literatura relevante. La búsqueda se realizó en la base de datos Scopus, asegurando la inclusión de estudios recientes y de alto impacto en el campo. La ecuación de búsqueda utilizada fue la siguiente: *(TITLE-ABS-KEY ("gluten-free pasta" OR "gluten free pasta" OR "gluten free noodles" OR "gluten-free noodles" OR "gluten-free spaghetti" OR "gluten free spaghetti" OR "non-gluten" OR "gluten-free extruded pasta")) AND TITLE-ABS-KEY (moringa OR amaranthus OR amaranth OR tapioca OR chicken OR teff OR rice OR egg OR chickpea OR quinoa OR corn OR maize OR potato OR cassava OR spirulina OR pumpkin OR starch OR "sweet potato" OR semolina OR nuts OR seeds OR beans OR vegetables OR cereal OR pseudocereal OR legume OR tuber OR root OR kiwicha OR kanihua OR kaniva OR millet OR "oryza*

*sativa" OR "zea mays" OR "sorghum bicolor" OR "panicum miliaceum" OR "eragrostis tef" OR "chenopodium quinoa" OR "fagopyrum esculentum" OR "solanum tuberosum" OR "ipomoea batatas" OR "manihot esculenta" OR "dioscorea" OR "colocasia esculenta" OR "cicer arietinum" OR "lens culinaris" OR "pisum sativum" OR "phaseolus" OR "quinoa flour" OR legumes OR ingredient OR "gluten-free-rendered products") AND TITLE-ABS-KEY ("sensory characteristics" OR "sensory properties" OR "sensory attributes" OR recipes OR optimization OR "cooking quality" OR "cooking properties" OR "textural properties" OR "nutrition enhancement" OR "nutritional quality" OR formulation OR "quality characteristics" OR "technofunctional properties" OR "technological properties" OR behaviour OR development OR digestibility OR application OR "functional quality" OR composition OR quality OR swelling OR rheology OR gelatinization OR strength OR "dietary fiber" OR protein OR carbohydrates OR fat OR sugar OR "fatty acids" OR vitamin OR mineral OR antioxidant OR bioactivity OR "glycemic index" OR "resistant starch" OR texture OR color OR quality OR properties OR cooking OR firmness OR elasticity OR stickiness OR "culinary analysis" OR "micronutrient analysis" OR "nutritional composition" OR "nutritional assessment")) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "cp"))).*

El proceso de búsqueda se realizó en abril de 2024 y se limitaron los resultados a publicaciones en inglés o español, comprendiendo el periodo 2019-2024. Como resultado, se identificaron 343 registros iniciales.

### B. Protocolo de filtración y selección

El proceso de selección de estudios siguió el protocolo PRISMA [14], ampliamente reconocido y aceptado en la elaboración de revisiones sistemáticas de literatura. La Fig. 1 ilustra la secuencia de pasos seguidos en este proceso.

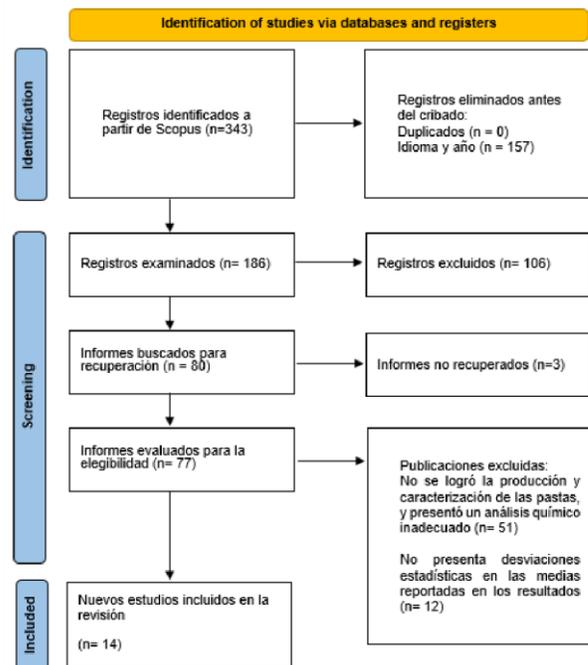


Fig 1. Diagrama PRISMA de filtración y selección de artículos

De los 343 registros obtenidos, se excluyeron 157 por no cumplir con los criterios de idioma o período de publicación. En la etapa de cribado por títulos y resúmenes, se descartaron 106 estudios irrelevantes para la RSL. Posteriormente, se eliminaron 3 registros por falta de acceso al texto completo. De los 77 artículos revisados, 51 fueron descartados por no incluir datos sobre producción, caracterización de pastas sin gluten o análisis

químicos detallados, y 12 más por no reportar desviaciones estadísticas en sus resultados. Finalmente, se seleccionaron 14 artículos que cumplían con todos los criterios de inclusión y fueron analizados en profundidad para evaluar el impacto de los ingredientes en las características nutricionales y tecnológicas de las pastas sin gluten. La lista de artículos seleccionados se encuentra en la Tabla I.

TABLA I  
DATOS BIBLIOMÉTRICOS DE LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS

Ref.	Autor	Título	Revista	País	Año	Cit.
15	Norma V.M.; García R.A.; Mitzzy Belén O.H.; Morales J.C.	Gluten-free pasta as an alternative in the diet of patients with celiac disease	Journal of Food Science	México	2024	0
16	Thatsanasu wan N.; Duangjai A.; Suttirak P.; Phanthurat N.	Proximate composition and sensory attributes of gluten-free pasta made from jackfruit seeds	Functional Foods in Health and Disease	Tailandia	2023	1
17	León J.A.; Bongianino N.F.; Quiroga F.; Bertone D.; León A	Incorporation of hemp flour to obtain gluten free noodles of higher nutritional quality	AgriScientia	Argentina	2023	0
18	Veena U.K.; Shobha D.; Joshi N.; Darshan M.B.; Benherlal P.S.	Spirulina enriched gluten free quality protein maize (QPM) pasta as functional food	Emirates Journal of Food and Agriculture	India	2022	1
19	de Oliveira L.D.L.; de Orlandin L.C.; de Aguiar L.A.; Queiroz V.A.V.; Zandonadi R.P.; Botelho, R.B.A.; de Alencar F.L.F.	Gluten-Free Sorghum Pasta:Composition and Sensory Evaluation with Different Sorghum Hybrids	Foods	Brasil	2022	2
20	Monzón M.E.; Milde L.B.; Olivera J.E.; Garrido B.R.; Fajardo M.A.	Development and consumer acceptance of gluten-free pasta enriched with Pyropia columbina seaweed. Physical, textural and nutritional properties.	Revista Española de Nutricion Humana y Dietetica	Argentina	2022	0
21	Choobthais ong P.; Oupathump anont O.	The nutritional quality improvement of dried gluten free pasta supplemented with Cladophora spp.	Emirates Journal of Food and Agriculture	Tailandia	2021	2
22	Herawati H.; Kamsiati E.; Sunarmani	Formulation of Food Ingredients (Peanut Flour, Egg Yolks, Egg Whites, and Guar Gum) to the Characteristics of Gluten-Free Noodles	International Journal of Technology	Indonesia	2021	3
23	Fradinho P.; Soares R.; Nicolai A.; Sousa I.; Raymundo A.	Psyllium husk gel to reinforce structure of gluten-free pasta?	LWT	Portugal	2020	15
24	López-Mejía N.; Morales Posada N.B.	Optimization of the formulation of gluten-free pasta enriched with dehydrated pumpkin pulp using the method of mix design	Brazilian Journal of Food Technology	Colombia	2020	1
25	Wangtueai S.; Phimolsirip ol Y.; Vichasilp C.; Regenstein J.M.; Schönlechner R.	Optimization of gluten-free functional noodles formulation enriched with fish gelatin hydrolysates	LWT	Tailandia	2020	29
26	Sofi S.A.; Singh J.; Mir S.A.; Dar B.N.	In vitro starch digestibility, cooking quality, rheology and sensory properties of gluten-free pregelatinized rice noodle enriched with germinated chickpea flour	LWT	India	2020	29
27	Llavata B.; Alborns A.; Martin Esparza M.E.	High fibre gluten-free fresh pasta with tiger nut, chickpea and fenugreek: Technofunctional, sensory and nutritional properties	Foods	España	2020	20
28	Rachman A.; Brennan M.A.; Morton J.; Brennan C.S.	Effect of cassava and banana flours blend on physicochemical and glycemic characteristics of gluten-free pasta	Journal of Food Processing and Preservation	Nueva Zelanda	2019	14

### C. Extracción y tratamiento de datos

La extracción de datos se realizó considerando aspectos clave de los estudios seleccionados, tales como la metodología experimental, el tipo de estudio (in vitro o in vivo), las materias primas utilizadas, los formatos de pasta evaluados, las harinas empleadas y los resultados nutricionales, químicos y tecnológicos. También se incluyó el análisis de propiedades organolépticas reportadas en cada investigación.

Para complementar el análisis de los datos obtenidos, se utilizó el software VOSviewer (versión 1.6.19), lo que permitió la visualización de redes de coocurrencia de términos clave. Esta herramienta facilitó la identificación de patrones y tendencias en la literatura científica, proporcionando una visión integral de los avances en la formulación de pastas sin gluten.

### III. RESULTADOS

#### A. Análisis bibliométrico

- Incidencia de palabras clave en el tiempo

El análisis de la evolución de las palabras clave a lo largo del tiempo revela cambios en los enfoques de investigación dentro del campo de estudio (Fig. 2). En los primeros años del periodo analizado, el interés se centró en aspectos tecnológicos, con énfasis en la absorción y optimización de procesos, lo que se refleja en el color azul de la red de coocurrencia de términos. Posteriormente, el enfoque de investigación se desplazó hacia el análisis nutricional, con un mayor énfasis en la evaluación de proteínas, grasas y fibra, representado por un color azul verdoso. En los años más recientes, la tendencia ha

evolucionado hacia la exploración de nuevos ingredientes para la formulación de pastas sin gluten, destacándose el maíz y el arroz, lo que se refleja en tonos amarillentos en la red de términos. Este cambio en la tendencia puede estar relacionado con el descubrimiento de propiedades funcionales en nuevos ingredientes y su potencial para mejorar las características nutricionales y tecnológicas de las pastas sin gluten.

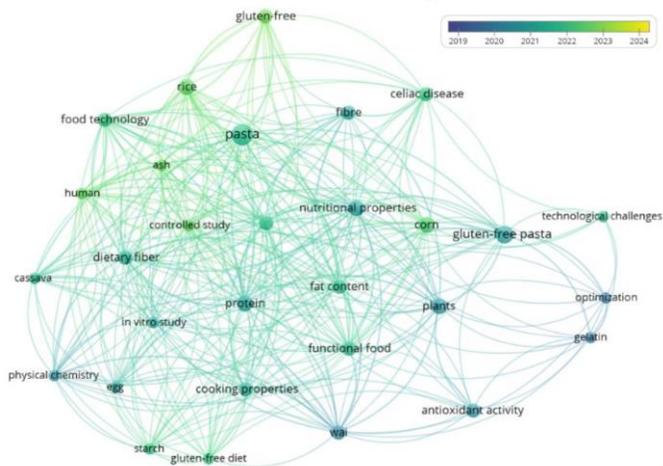


Fig 2. Red neuronal de incidencia de palabras clave en el tiempo (2019-2024)

- Tendencia de publicaciones por año

El análisis de la producción científica muestra publicaciones constantes en todos los años del período evaluado, incluyendo registros en curso para 2024 (Fig. 3). Se observa un aumento significativo en el número de publicaciones en 2020, lo que puede estar asociado con la liberación de estudios acumulados de años previos. Este fenómeno ha sido reportado en otras áreas del conocimiento y podría estar relacionado con la disponibilidad de datos y la consolidación de líneas de investigación en torno a la formulación de pastas sin gluten.

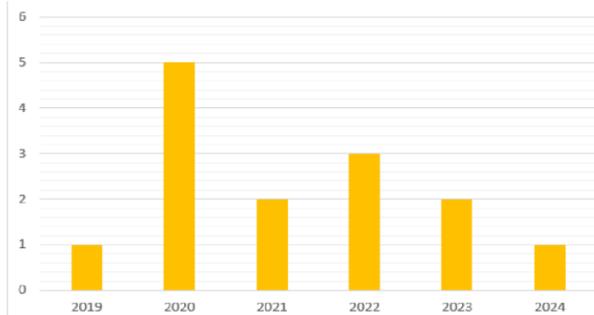


Fig 3. Número de publicaciones por año

- Tendencia de publicaciones por revista

En los últimos cinco años, diversas revistas han publicado artículos relevantes en esta área de estudio (Fig. 4). Dentro de ellas, LWT - Food Science and Technology se posiciona como la principal fuente de publicaciones, lo que podría explicarse por su enfoque altamente especializado en ciencia y tecnología de los alimentos. Según la base de datos Scimago, esta revista

cuenta con un H-index de 172 y pertenece a un cuartil alto dentro de su categoría, lo que indica que sus publicaciones tienen un impacto significativo en la comunidad científica.

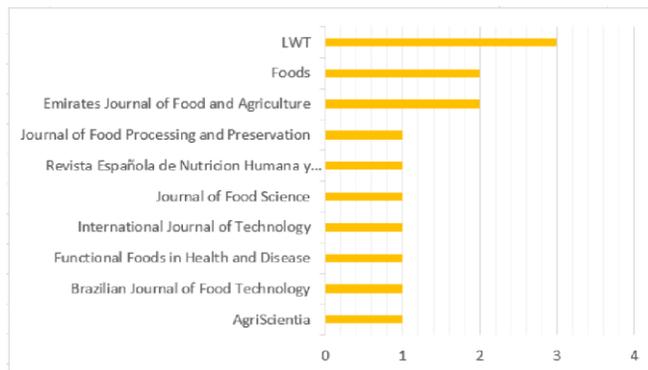


Fig 4. Número de publicaciones por revista

- Países con mayor número de publicaciones

El análisis por país revela que la investigación sobre pastas sin gluten ha sido abordada por distintos grupos de investigación a nivel global. India, Argentina y Tailandia destacan como los países con mayor número de publicaciones seleccionadas (Fig. 5). En particular, Tailandia presenta la mayor cantidad de artículos incluidos en esta revisión, lo que podría atribuirse a la gran diversidad agrícola de la región y a la disponibilidad de ingredientes alternativos para la formulación de pastas sin gluten.

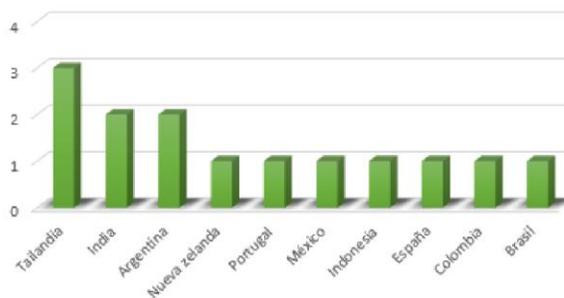


Fig 5. Número de publicaciones por país

### B. Características de estudio

Se identificaron los objetivos de los artículos seleccionados y se analizó la metodología utilizada para alcanzarlos, incluyendo el diseño experimental y la variable independiente en cada caso (Tabla II). La mayoría de los estudios aplicaron un diseño de mezclas (DM), lo que se explica por su capacidad para optimizar la proporción de múltiples ingredientes en la formulación de productos, permitiendo la evaluación de diferentes combinaciones y mejorando la calidad final de las pastas sin gluten [29]. Otros estudios emplearon un diseño factorial unidimensional (DFU), utilizado principalmente para evaluar el impacto de un solo ingrediente en distintas concentraciones.

TABLA II  
CARACTERÍSTICAS DE ESTUDIO DE LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS

Ref	Objetivo	Diseño experimental
[15]	Desarrollar una masa de pasta sin gluten utilizando mezclas de harinas de maíz, amaranto, soya y arroz.	DM
[16]	Evaluar el contenido nutricional y la aceptación sensorial de pasta fresca sin gluten elaborada con semillas de yaca como alternativa funcional para personas con sensibilidad al gluten.	DFU
[17]	Sustituir diferentes porcentajes de harina de maíz con cáñamo en la elaboración de fideos sin gluten y evaluar su calidad tecnológica y nutricional.	DM
[18]	Analizar la viabilidad de utilizar pasta de maíz proteico en combinación con harinas de legumbres para mejorar la calidad de la pasta sin gluten.	DM
[19]	Evaluar las características tecnológicas, sensoriales y nutricionales de pasta fresca sin gluten elaborada con híbridos de sorgo de distintos colores y con/sin taninos.	DM
[20]	Enriquecer una pasta sin gluten con diferentes cantidades de polvo de alga <i>Pyropia columbina</i> y analizar sus efectos sobre la calidad fisicoquímica y sensorial.	DM
[21]	Optimizar la formulación de pasta sin gluten suplementada con <i>Cladófora spp</i> y evaluar sus propiedades químicas, físicas y su aceptación sensorial.	DM
[22]	Analizar el efecto de diferentes aditivos sobre las características físicas y químicas de fideos sin gluten elaborados con harina de yuca.	DM
[23]	Determinar las condiciones óptimas de procesamiento de la cáscara de <i>Psyllium</i> para su incorporación en pasta sin gluten, evaluando su impacto en la estructura, reología, propiedades nutricionales y digestibilidad <i>in vitro</i> .	DFU
[24]	Evaluar la calidad de tallarines sin gluten formulados mediante un diseño de mezclas simplex para optimizar la proporción de ingredientes.	DM
[25]	Producir fideos sin gluten a partir de mezclas de harina de arroz y yuca, mejorando su calidad con harina pregelatinizada, hidrolizado de gelatina de pescado y transglutaminasa (TGasa).	DM
[26]	Incorporar harina de garbanzo germinado en harina de arroz pregelatinizada para mejorar la calidad de fideos sin gluten.	DM
[27]	Evaluar el uso de ingredientes alternativos como legumbres y chufa para desarrollar pastas sin gluten con mayor valor nutricional y mejor perfil glucémico.	DM
[28]	Optimizar el proceso de elaboración de pasta sin gluten mediante el desarrollo de una nueva formulación con ingredientes adicionales.	DFU

Nota: DM = Diseño de mezclas, DFU = Diseño factorial unidimensional.

### C. Desarrollo de tópicos 1) Principales deficiencias nutricionales y tecnológicas en pastas sin gluten

El análisis de la literatura identificó varios problemas recurrentes en la formulación de pastas sin gluten. Desde el punto de vista nutricional, la principal deficiencia es el bajo contenido de proteínas y fibra en comparación con las pastas convencionales de trigo [15, 22]. La ausencia de estos nutrientes

es una preocupación para los consumidores, quienes buscan alternativas que no solo sean aptas para su condición, sino que también contribuyan a la prevención de deficiencias nutricionales y enfermedades metabólicas [24]. Otro problema identificado es el alto índice glucémico de muchas formulaciones sin gluten, lo que puede representar un riesgo para la salud metabólica a largo plazo [17, 27]. Diversos estudios han demostrado que la incorporación de ingredientes ricos en proteínas, fibra y micronutrientes puede mejorar significativamente el perfil nutricional de estos productos.

En cuanto a la calidad sensorial y las propiedades de cocción, las pastas sin gluten presentan características menos satisfactorias en comparación con las tradicionales. El gluten es un componente clave que proporciona cohesividad y elasticidad a la masa; su ausencia impide alcanzar la textura y el sabor óptimos esperados por los consumidores [23, 28]. Esta deficiencia sensorial se traduce en una menor aceptación del producto y un distanciamiento entre la calidad esperada y la realidad de los productos disponibles en el mercado. Además, la pérdida de nutrientes durante la cocción y la limitada capacidad de retención de agua afectan directamente la firmeza y textura de la pasta tras su preparación [20].

Desde una perspectiva tecnológica, la formulación de pastas sin gluten representa un desafío, ya que la matriz proteica del gluten es esencial para la estructura y elasticidad del producto final. La falta de esta matriz dificulta la formación de una red cohesiva entre los almidones y proteínas presentes en la masa, lo que afecta negativamente la textura y la estabilidad de la pasta [23, 28].

Otro aspecto relevante es el costo y la accesibilidad de los productos sin gluten. Estas pastas suelen ser significativamente más costosas que sus equivalentes convencionales, lo que limita su acceso a ciertos sectores de la población [15, 19, 23]. La diferencia de precios se debe, en gran parte, a la utilización de ingredientes alternativos y a los procesos de producción más complejos requeridos para obtener un producto de calidad. Con el aumento de la demanda de alimentos sin gluten, se ha intensificado la búsqueda de ingredientes de menor costo que ofrezcan beneficios nutricionales y tecnológicos similares [16, 21].

El crecimiento del mercado de productos sin gluten ha impulsado una tendencia global en la investigación y desarrollo de formulaciones innovadoras que permitan igualar la calidad de las pastas tradicionales. La incorporación de ingredientes funcionales ha sido una estrategia clave para mejorar tanto el valor nutricional como la experiencia sensorial del consumidor [16, 24, 27].

### 2) Ingredientes utilizados en la formulación de pastas sin gluten

El análisis de los artículos seleccionados permitió identificar una amplia variedad de ingredientes utilizados en la producción de pastas sin gluten. Se registraron 28 formulaciones de pasta basadas en 20 ingredientes provenientes de 10 fuentes diferentes, lo que refleja la diversidad de alternativas empleadas en la innovación de estos productos.

Entre los tipos de pasta más estudiados, el espagueti fue el formato predominante. Se identificó el uso de ingredientes como maní, yuca, garbanzo, plátano, sorgo y espirulina, los cuales han sido utilizados debido a su capacidad para integrarse a la masa sin afectar significativamente su estructura. La popularidad del espagueti en las investigaciones puede deberse a que es una de las formas de pasta más consumidas a nivel global y presenta una mayor adaptabilidad a ingredientes alternativos sin comprometer su calidad.

Respecto a las fuentes de ingredientes, algas, legumbres y cereales fueron las más utilizadas en la formulación de pastas sin gluten. Entre los ingredientes más frecuentes se encuentran espirulina, *Cladophora* spp., *Pyropia columbina*, garbanzos, soya, cáñamo, sorgo, maíz y arroz. Estos ingredientes poseen propiedades tecnofuncionales que favorecen la estabilidad y la estructura de la masa, además de ser ampliamente accesibles y utilizados en diversas industrias alimentarias.

La Fig. 6 presenta un análisis de los tipos de pasta elaborados y los ingredientes utilizados en las formulaciones analizadas. En el círculo interno se encuentran los diferentes formatos de pasta identificados en los 14 artículos seleccionados, incluyendo variedades tradicionales como tallarín, macarrones, espagueti y tornillo, así como opciones menos comunes como cascarece, fetuccini, tagliatelle y pappardelle.



Fig 6. Tipos de pasta y alimentos empleados.

En el círculo externo se representan los ingredientes utilizados en cada tipo de pasta. Se observa que, para la producción de pastas con estructuras más complejas como pappardelle, tagliatelle, cascarece y tornillo, se utilizaron ingredientes que proporcionan mayor maleabilidad y menor pérdida de firmeza tras la cocción, tales como arroz, psyllium, chufa y garbanzo. Estos ingredientes son fundamentales para asegurar que la pasta conserve su integridad estructural después de ser cocida. En contraste, ingredientes que aportan mayor firmeza, como plátano, yuca y cáñamo, fueron más utilizados en la formulación de pastas con estructuras simples, como espagueti y tallarines. Este análisis permite destacar la

importancia de seleccionar ingredientes adecuados según el tipo de pasta a elaborar, garantizando así mejoras en su calidad tecnológica y sensorial.

La Fig. 7 representa la clasificación de los ingredientes utilizados en la formulación de pastas sin gluten, agrupados según su origen. Los cereales fueron la fuente predominante, seguidos por las algas y las legumbres. Este predominio sugiere que estas tres fuentes han sido ampliamente exploradas en la formulación de productos sin gluten debido a su disponibilidad y funcionalidad en la estructura de la pasta.

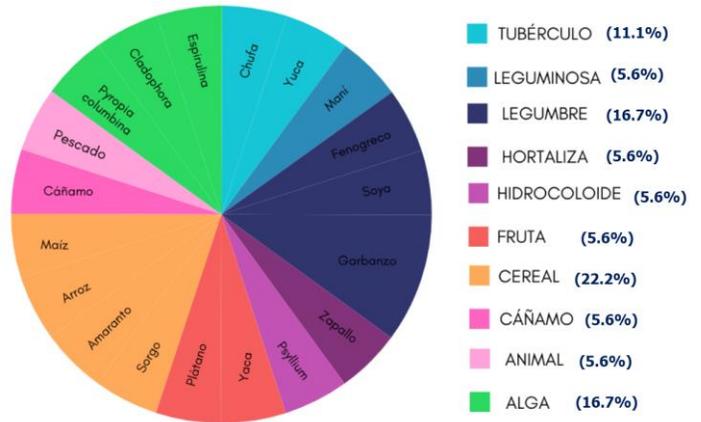


Fig 7. Fuente alimentaria de los ingredientes.

La integración de estos ingredientes en formulaciones innovadoras reafirma la tendencia hacia la diversificación de fuentes alimentarias para la producción de pastas sin gluten. En los últimos años, ha aumentado la experimentación con ingredientes provenientes de algas, frutas y tubérculos, lo que sugiere un interés creciente en encontrar alternativas con propiedades nutricionales y tecnológicas mejoradas. Las descripciones técnicas y las visualizaciones gráficas presentadas en este estudio son fundamentales para comprender las estrategias utilizadas en la formulación de pastas sin gluten. El análisis detallado de los ingredientes y sus interacciones con los distintos tipos de pasta permite identificar oportunidades para optimizar la calidad de estos productos y mejorar su aceptación en el mercado.

### 3) Efectividad de los ingredientes según su fuente alimentaria

Se analizaron las formulaciones de pastas sin gluten descritas en los artículos seleccionados, organizando los ingredientes según su origen: cereales, legumbres, algas, hidrocoloides, frutas, tubérculos y otros. Esta clasificación permitió evaluar de manera estructurada los efectos nutricionales y tecnológicos de cada ingrediente en la calidad de las pastas sin gluten. En la Tabla III, se presentan los ingredientes empleados en cada formulación, junto con su impacto en los atributos nutricionales y tecnológicos de las pastas desarrolladas.

TABLA III  
EFECTO NUTRICIONAL Y TECNOLÓGICO DE LOS INGREDIENTES UTILIZADOS EN LA FORMULACIÓN DE PASTAS SIN GLUTEN

Ref.	Ingrediente añadido	Formulación de la pasta	Efecto nutricional	Efecto tecnologico
19	Sorgo	Clara de huevo (34%) + Harina de sorgo marrón BRS (24.4%)+ Harina de arroz (12.2%)+ Fécula de patata (12.2%)+ Agua (11.4%)+ Psyllium (5.8%)	↓ Calorías (91cal) ↑ Actividad antioxidante (305 mMTeq/g) ↑ Contenido fenólico total (70 mg) ↑ Taninos totales (17 mg/mL)	↑ Estabilidad en la cocción ↓ Pérdida de sólidos ↑ Textura
15	Arroz, amaranto (cereal) y Soya (legumbre)	<b>Fórmula 1:</b> Harina de maíz (55.19%) + Agua (30.67%)+ Albúmina (5%)+ Harina de soya desgrasada cocida (9.16%)+ Emulsificante (0.5%)+ Carboximetilcelulosa hidrocólido (0.3%)	↑ Proteína (14.8 g)	↓ Sedimentación (4.23%) ↓ Humedad (7.9%) ↑ Manejabilidad
		<b>Fórmula 2:</b> Harina de maíz (34.3%)+ Harina de arroz crudo (22.4%)+ Agua (27.7%)+ Albúmina (5%)+ Harina de amaranto (9.8%)+ Emulsificante (0.5%)+ Carboximetilcelulosa hidrocólido (0.3%)	↑ Proteína (14 g)	↓ Sedimentación (4.84%) ↓ Humedad (6.8%) ↑ Manejabilidad
		<b>Fórmula 3:</b> Harina de maíz (33.51%)+ Harina de arroz pregelatinizado (25.83%)+ Agua: (29.87%)+ Albúmina (5%)+ Harina de soya (4.97%)+ Emulsificante (0.5%)+ Carboximetilcelulosa (0.3%)	↑ Proteína (14.3 g)	↓ Sedimentación (7.9%) ↓ Humedad (8.6%) ↑ Manejabilidad
26	Garbanzo	Harina de arroz (80g)+ Harina de garbanzo (20g)+ Sal (1g)+ Goma guar (0.5g)	↑ Proteína (9.36 g) ↓ Lípido (1.37 g) ↑ Fibra (3.54 g) ↓ Índice glucémico (10% = 63/70)	↑ Firmeza ↑ Cohesividad ↑ Dureza
27	Garbanzo y chufa (tubérculo)	Harina de garbanzo (38g)+ Harina de fenogreco (38g)+ Agua (13g)+ Huevo (11g)+ Chufa (10g)	↑ Proteína (14.67 g) ↓ Índice glucémico (36.3 %) ↑ Fibra (27.3 g)	↓ Pérdida de cocción (5.9%)
22	Yuca y maní (leguminosa)	Harina de yuca (94.5 g)+ Agua (25 ml)+ Harina de maní (5 g)+ Sal (0.5 g)	↑ Proteína (3,4g) ↓ Bajo contenido de grasa 0,52g	↑ Viscosidad tanto crudo como cocido
18	Espirulina y cereal (maíz)	Harina de maíz proteico (60%)+ Harina de garbanzos (30%) + Espirulina (6%)+ Harina de soja (2%)+ Goma guar (2%)	↑ proteína (21.6 g) ↑ calcio (44.6 mg),hierro (8.6 mg), fósforo (398 mg)	↑ Perdida por cocción (7.6 %) ↑ Tiempo óptimo de cocción (7.3 min)
20	Pyropia columbina	Almidón de yuca (80g) + Huevo entero (31g)+Agua (25-38 g) + Harina de maíz (20 g) + Leche entera en polvo (7 g)+ Grasa vegetal (3.5 g) + Polvo de alga (6 g)+ Goma xantana (0.8 g)+ Sal (0.5 g)	↑ Proteínas (2.6 g) ↓ Lípidos ↑ Actividad antioxidante ↑ Fibra (4.5 g)	↑ Textura, firmeza, elasticidad, masticabilidad ↓ Perdida por cocción (2.8%) ↓ Tiempo de cocción (5 min)
21	Cladophora spp	Arroz integral (68%) + Almidón (22%) + Cladófora spp (10%)	↑ Proteínas (7.09 g) ↑ Fibra dietética (1.91 g) ↑ Calcio (31.30 mg) y hierro (3.84 mg) ↑ Actividad antioxidante (48.50 mg eq Trolox, DPPH)	↑ Firmeza, elasticidad, masticabilidad ↓ Pérdida por cocción ↑ Mejor sabor y aceptabilidad
23	Psyllium	Gel de Psyllium (4g)+Harina de arroz (100g)	↑ Mayor actividad antioxidante 55.72% ↑ Mayor digestibilidad de proteínas 40%	↑ Propiedades de cocción ↑ Calidad textural
24	Zapallo (hortaliza)	Mezcla (10% pulpa de zapallo deshidratado, 40% harina de arroz y 50% harina de maíz): 62.5 g + Huevo: 33.5 g + Aceite girasol: 3 g + Sal: 1 g	↑ Alto contenido de fibra dietética 13,7g ↑ Mayor contenido de proteínas 9,9g	↑ Adhesividad ↑ Elasticidad
17	Cañamo	<b>Fórmula 1:</b> Harina de maíz (95g) + Agua destilada (28 ml) + Harina de cañamo (5 g) + Huevo (3 g)+ Almidón pregelatinizado (2 g)+ Sal (1 g)	↑ Proteína (11.5 g) ↑ Fibra (3 g)	↓ Tiempo óptimo de cocción (4 min) ↑ firmeza
		<b>Fórmula 2:</b> Harina de maíz (90g)+ Agua destilada (28 ml)+ Harina de cañamo (10g)+ Huevo (3g)+ Almidón pregelatinizado (2 g)+ Sal (1g)	↑ Proteína (13g) ↑ Fibra (4.3 g)	↓ Tiempo óptimo de cocción (4.25min) ↑ firmeza
		<b>Fórmula 3:</b> Harina de maíz (85g)+ Agua destilada (28 ml)+ Harina de cañamo (15g)+ Huevo (3g)+ Almidón pregelatinizado (2g)+ Sal (1g)	↑ Proteína (15 g) ↑ Fibra (6 g)	↑ Tiempo óptimo de cocción (5 min) ↑ Firmeza
25	Pescado (animal)	Harina mixta (70% harina de arroz + 30% harina de yuca): 49.5g + Agua (24.7g) + Harina pregelatinizada (19.5g)+ Hidrolizado de gelatina de pescado (3.8 g)+ Carbonato de sodio (0.77 g)+ Sal (0.77 g)+ Aceite de salvado de arroz (0.77 g)+ Transglutaminasa (0.19 g)	↑ Proteína (7,5 g) ↓ Lípido (0,3 g) ↑ Actividad antioxidante ABTS 0.87 g/mL	↑ Elasticidad ↑ Pegajosidad
16	Yaca (fruta)	Harina de yaca (300 g)+ Huevo (110 ml)+ Harina de arroz (15%)+ Aceite de oliva (10 ml)+ Sal (5 g)	↓ Carbohidratos (12g) ↑ Contenido alto de fibra de 0.79%	↑ Capacidad de retención de humedad
28	Fruta (plátano)	Harina de plátano (100%)+ Agua (70%)	↑ Fibra (17,9 g) ↓ Índice glucémico 150 mg x g	↑ Firmeza

Los cereales demostraron un impacto positivo tanto en el perfil nutricional como en la calidad tecnológica de las pastas sin gluten. La formulación con sorgo redujo el contenido calórico y mejoró la actividad antioxidante, además de incrementar la estabilidad en la cocción y la textura final [19]. La combinación de arroz, amaranto y soya elevó significativamente el contenido proteico y mejoró la manejabilidad de la pasta, reduciendo la sedimentación y la humedad [15].

En cuanto a las legumbres, el garbanzo destacó por su aporte en proteínas y fibra, reduciendo el índice glucémico y mejorando la firmeza y cohesividad del producto final [26]. De manera similar, la mezcla de garbanzo, fenogreco y chufa mostró un alto contenido proteico y una reducción significativa en la pérdida de cocción, mejorando la calidad del producto [27].

Las algas también jugaron un papel clave en la mejora de las pastas sin gluten. La adición de espirulina y maíz proteico incrementó el contenido proteico y mineral, reduciendo la pérdida de sólidos durante la cocción [18]. El uso de *Pyropia columbina* y *Cladophora* spp mejoró la textura, elasticidad y aceptabilidad sensorial del producto, además de aumentar la actividad antioxidante y el contenido de fibra [20, 21].

En el caso de los hidrocoloides, el psyllium mejoró las propiedades de cocción y la calidad textural de la pasta, además de incrementar la digestibilidad de las proteínas [23].

Los tubérculos y frutas demostraron ser ingredientes funcionales en la formulación de pastas sin gluten. La combinación de yuca y maní proporcionó una mayor viscosidad y estabilidad del producto [22], mientras que la inclusión de plátano y yaca incrementó el contenido de fibra y redujo el índice glucémico, favoreciendo la capacidad de retención de humedad y la firmeza del producto final [16, 28].

Finalmente, el uso de ingredientes de origen animal, como el hidrolizado de gelatina de pescado, aportó mejoras en la elasticidad y pegajosidad de la pasta, además de un aumento en la actividad antioxidante y reducción del contenido lipídico [25].

Estos hallazgos reflejan la importancia de seleccionar adecuadamente los ingredientes según su funcionalidad y su impacto en la calidad final de las pastas sin gluten. La combinación de diferentes fuentes alimentarias ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar el valor nutricional y tecnológico de estos productos.

#### IV. DISCUSION

Esta RSL evidenció que las pastas sin gluten presentan un perfil nutricional deficiente en comparación con las pastas convencionales de trigo [15]. Estos problemas también fueron observados por Scarton y Clerici, quienes reportaron que los productos sin gluten tienen un bajo contenido de proteínas, vitaminas, minerales y fibra, además de una predominancia de carbohidratos almidonados [30]. Esto representa una

preocupación significativa para los consumidores que buscan alternativas saludables que ayuden a prevenir deficiencias nutricionales y enfermedades relacionadas con la dieta [24]. Además, diversos estudios han señalado que los fideos sin gluten presentan un índice glucémico elevado, lo que podría ser desfavorable para personas con diabetes o en riesgo de desarrollarla [17, 27]. Tagliapietra et al. destacaron que la adición de almidón resistente es una estrategia prometedora para reducir la respuesta glucémica en estos productos, mejorando su calidad nutricional [31].

Desde el punto de vista tecnológico, la ausencia de gluten impide la formación de una matriz proteica cohesiva, lo que afecta significativamente la textura final del producto [25, 28]. La mayoría de los productos comerciales sin gluten se basan en almidón de maíz, el cual no replica las propiedades viscoelásticas del gluten, resultando en pastas con calidad sensorial y estructural inferior [28]. En este contexto, el uso de cereales como el arroz ha demostrado ser una alternativa viable, ofreciendo mejoras en la estabilidad y textura de las pastas sin gluten, tal como lo mencionan Tagliapietra et al. [31].

Además, se ha identificado que el empleo de algas y sus extractos puede mejorar la textura y estabilidad de estos productos. Sin embargo, aún enfrentan desafíos relacionados con sus propiedades sensoriales, como lo indican Tagliapietra y Clerici [32]. Por otro lado, la pérdida de nutrientes y la baja capacidad de retención de agua durante la cocción también afectan la calidad de los fideos sin gluten, reduciendo su firmeza y estabilidad estructural, como lo reportaron Capriles et al. [33]. A diferencia de las pastas de trigo, que mantienen su cohesividad y elasticidad gracias a la presencia de gluten, las pastas sin gluten presentan una apariencia menos atractiva y una textura subóptima tras la cocción [20].

#### *Aceptación sensorial y accesibilidad de las pastas sin gluten*

La calidad sensorial de las pastas sin gluten es un factor crucial para su aceptación en el mercado, pero ha sido poco abordado en la literatura. Se ha observado que las pastas sin gluten presentan deficiencias en apariencia y textura debido a la falta de una matriz cohesiva que otorgue elasticidad y firmeza [26]. Como resultado, los consumidores perciben estos productos como sensorialmente deficientes, lo que amplía la brecha entre la calidad ideal y la realidad del producto disponible [25, 28].

Coincidiendo con los hallazgos de Capriles et al. [33], esta revisión confirma que la baja calidad sensorial es un obstáculo para la aceptación de las pastas sin gluten. A pesar del crecimiento del mercado, los consumidores siguen percibiéndolas como productos con alto contenido calórico y de grasas, además de su elevado costo.

El precio y la accesibilidad de las pastas sin gluten siguen siendo barreras significativas para su adopción generalizada. Estos productos suelen ser más costosos que las pastas convencionales debido a los ingredientes alternativos y los

procesos de producción más complejos [15, 19, 23]. La búsqueda de ingredientes que mejoren tanto el perfil nutricional como las propiedades sensoriales es clave para aumentar la aceptación de estos productos [16, 21]. En este sentido, Capriles et al. destacan que la percepción del alto costo y la baja calidad de sabor y textura persisten como barreras importantes, incluso con el crecimiento del mercado [33].

#### *Impacto de los ingredientes en la mejora nutricional*

Se encontraron mejoras nutricionales significativas en diversas formulaciones de pastas sin gluten, particularmente con el uso de cereales, legumbres y algas. Se observó que la adición de ingredientes como sorgo y garbanzo incrementó la actividad antioxidante y la digestibilidad de las pastas [19, 26]. La combinación de arroz y soya mejoró el balance nutricional y el contenido proteico del producto final [28].

Scarton y Clerici también destacaron la fortificación de cereales como una estrategia eficaz para mejorar el perfil nutricional de productos sin gluten [30]. Asimismo, la incorporación de legumbres como garbanzo y lenteja amarilla se asoció con un incremento en la digestibilidad y el contenido proteico de las pastas sin gluten [26, 27]. Esto es relevante, ya que la combinación de cereales y legumbres permite complementar aminoácidos esenciales, generando proteínas de mayor valor biológico, como también lo mencionaron Melo et al. en su revisión sobre formulaciones de galletas sin gluten [34].

El uso de algas, particularmente espirulina, *Pyropia columbina* y *Cladophora*, se asoció con un aumento significativo en el contenido de proteínas y minerales, específicamente calcio y hierro, además de una mayor actividad antioxidante [18, 21, 22]. Estos hallazgos coinciden con los reportes de Scarton y Clerici sobre la mejora del perfil nutricional mediante el uso de algas [30]. También se encontraron similitudes con la revisión de Tagliapietra y Clerici, quienes destacaron el incremento de fibra dietaria en productos sin gluten al emplear estos ingredientes [32].

Los resultados obtenidos en esta RSL sugieren que la combinación de diversos ingredientes y métodos de formulación podría ofrecer beneficios adicionales no observados en estudios previos.

#### *Avances tecnológicos en la formulación de pastas sin gluten*

Desde el punto de vista tecnológico, esta revisión identificó avances significativos en la mejora de la calidad de las pastas sin gluten. Se observó una reducción en la pérdida de sólidos durante la cocción y una mejora en la textura y estabilidad estructural con el uso de ingredientes como arroz y sorgo [19]. Estos hallazgos coinciden con los de Scarton y Clerici, quienes destacaron la importancia de optimizar la calidad tecnológica de los cereales mediante técnicas avanzadas como el secado por aspersión [30]. Comparando estos resultados con la revisión de Tagliapietra et al. sobre el uso del arroz en productos sin gluten,

se confirma que este cereal es altamente versátil y puede mejorar la calidad estructural y funcional de las pastas [31].

Las mejoras tecnológicas observadas en las legumbres, como garbanzo y lenteja amarilla, incluyeron incrementos en la firmeza, elasticidad y cohesividad del producto [26, 27]. En cuanto a las algas, la incorporación de espirulina y *Cladophora* demostró mejoras en la textura, cohesividad y estabilidad estructural, lo que coincide con los hallazgos de Scarton y Clerici sobre el uso de estos ingredientes en formulaciones sin gluten [30]. Tagliapietra y Clerici también destacaron estos beneficios en su revisión sobre el uso de algas, resaltando su impacto positivo en las propiedades tecnológicas de los productos sin gluten [32]. Los avances tecnológicos identificados en esta revisión sugieren que la combinación estratégica de ingredientes funcionales y tecnologías de procesamiento puede proporcionar beneficios adicionales en la formulación de pastas sin gluten, superando limitaciones reportadas en estudios previos.

## V. CONCLUSION

Esta RSL identificó los ingredientes más utilizados en la formulación de pastas sin gluten y su impacto en la mejora de sus propiedades nutricionales y tecnológicas. Los resultados indican que cereales como el arroz y el maíz, legumbres como el garbanzo y la lenteja, y algas como la espirulina y *Pyropia columbina* han sido efectivos para aumentar el contenido de proteínas, fibra y compuestos bioactivos, al tiempo que mejoran la textura y estabilidad del producto.

A nivel tecnológico, la ausencia de gluten sigue representando un desafío, afectando la elasticidad, cohesividad y retención de agua de la pasta tras la cocción. Sin embargo, la adición de estos ingredientes ha permitido reducir la pérdida de sólidos y mejorar la estructura del producto.

Pese a estos avances, las pastas sin gluten aún presentan barreras económicas y sensoriales que limitan su aceptación. La optimización de formulaciones con combinaciones de ingredientes funcionales, junto con estrategias de producción que reduzcan costos y mejoren la calidad sensorial, es clave para su desarrollo.

Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar nuevas combinaciones de ingredientes y tecnologías de procesamiento que optimicen simultáneamente la calidad nutricional y tecnológica de las pastas sin gluten, así como estudiar su aceptación por parte de los consumidores y su impacto a largo plazo en la salud de personas con enfermedad celíaca.

## REFERENCIAS

- [1] M. Cruz, D. Graña, J. Gaudiano, and L. Pérez, "Unidad de enfermedades autoinmunes: experiencia de un centro," *Revista Uruguaya de Medicina Interna*, vol. 5, no. 2, pp. 28-36, 2020.
- [2] E. Simón, M. Molero-Luis, R. Fueyo-Díaz, C. Costas-Battle, P. CrespoEscobar, and M. A. Montoro Huguet, "The Gluten-Free Diet for Celiac Disease: Critical Insights to Better Understand Clinical Outcomes," *Nutrients*, vol. 15, no. 18, Sep. 2023. doi: 10.3390/nu15184013.

- [3] Z. I. Tarar, M. U. Zafar, U. Farooq, O. Basar, V. Tahan, and E. Daglilar, "The Progression of Celiac Disease, Diagnostic Modalities, and Treatment Options," *J. Investig. Med. High Impact Case Rep.*, vol. 9, pp. 23247096211053702, 2021.
- [4] V. Melini and F. Melini, "Gluten-Free Diet: Gaps and Needs for a Healthier Diet," *Nutrients*, vol. 11, no. 1, p. 170, Jan. 2019.
- [5] I. D. Calle, G. Ros, R. Peñalver, and G. Nieto, "Enfermedad celiaca: causas, patología y valoración nutricional de la dieta sin gluten," *Nutr. Hosp.*, vol. 37, no. 5, pp. 1043-1051, Oct. 2020.
- [6] Y. Papanikolaou, "Pasta Consumption Is Linked to Greater Nutrient Intakes and Improved Diet Quality in American Children and Adults, and Beneficial Weight-Related Outcomes Only in Adult Females," *Front. Nutr.*, vol. 7, p. 112, 2020.
- [7] D. M. Córdoba-Cerón, J. E. Bravo-Gómez, L. M. Agudelo-Laverde, D. F. Roa-Acosta, and J. E. Nieto-Calvache, "Techno-functional properties of gluten-free pasta from hyperprotein quinoa flour," *Heliyon*, vol. 9, no. 8, p. e18539, Aug. 2023.
- [8] I. Larretxi, I. Txurruka, V. Navarro, A. Lasa, M. A. Bustamante, M. P. Fernández-Gil, E. Simón, and J. Miranda, "Micronutrient Analysis of Gluten-Free Products: Their Low Content Is Not Involved in Gluten-Free Diet Imbalance in a Cohort of Celiac Children and Adolescents," *Foods*, vol. 8, no. 8, p. 321, Aug. 2019.
- [9] M. Scarton and M. T. Clerici, "Gluten-free pastas: ingredients and processing for technological and nutritional quality improvement," *Food Sci. Technol.*, vol. 42, Nov. 2022. doi: 10.1590/fst.65622.
- [10] A. Betrouche, L. Estivi, D. Colombo, G. Pasini, L. Benatallah, A. Brandolini, and A. Hidalgo, "Antioxidant Properties of Gluten-Free Pasta Enriched with Vegetable By-Products," *Molecules*, vol. 27, no. 24, p. 8993, 2022.
- [11] P. Fradinho, A. Niccolai, R. Soares, L. Rodolfi, N. Biondi, M. R. Tredici, I. Sousa, and A. Raymundo, "Effect of *Arthrospira platensis* (spirulina) incorporation on the rheological and bioactive properties of gluten-free fresh pasta," *Algal Res.*, vol. 45, p. 101743, Jan. 2020.
- [12] L. Milde, M. E. Monzón, J. E. Olivera, B. R. Garrido, and M. A. Fajardo, "Desarrollo y aceptación por parte del consumidor de pasta sin gluten enriquecida con *Pyropia columbina*. Propiedades físicas, texturales y nutricionales," *Rev. Esp. Nutr. Hum. Diet.*, vol. 26, Supl. 1, 2022.
- [13] D. M. Córdoba-Cerón, D. Carranza-Saavedra, D. F. Roa-Acosta, J. L. Hoyos-Concha, and J. F. Solanilla-Duque, "Physical and culinary analysis of long gluten-free extruded pasta based on high protein quinoa flour," *Front. Sustain. Food Syst.*, Dec. 2022.
- [14] M. J. Page, J. E. McKenzie, P. M. Bossuyt, I. Boutron, T. C. Hoffmann, C. D. Mulrow, et al., "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews," *BMJ*, vol. 372, p. n71, 2021. doi: 10.1136/bmj.n71.
- [15] N. V. M., R. A. García-Zepeda, M. B. O. H., and J. C. Morales-Guerrero, "Gluten-free pasta as an alternative in the diet of patients with celiac disease," *J. Food Sci.*, 2024. doi: 10.1016/j.foodres.2023.112655.
- [16] N. Thatsanasuwan, A. Duangjai, P. Suttirak, and N. Phanthurat, "Proximate composition and sensory attributes of gluten-free pasta made from jackfruit seeds," *Funct. Foods Health Dis.*, vol. 13, no. 1, 2023. doi: 10.31989/ffhd.v13i1.1039.
- [17] J. A. León, N. F. Bongianino, F. Quiroga, D. Bertone, and A. E. León, "Incorporation of hemp flour to obtain gluten-free noodles of higher nutritional quality," *AgriScientia*, vol. 40, no. 2, pp. 1-6, 2023. doi: 10.31047/1668.298x.v40.n2.41832.
- [18] U. K. V., D. S., N. Joshi, M. B. D., and P. S. B., "Spirulina enriched gluten free quality protein maize (QPM) pasta as functional food," *Emir. J. Food Agric.*, vol. 34, no. 4, 2022. doi: 10.9755/ejfa.2022.v34.i4.2853.
- [19] L. de L. de Oliveira, L. C. de Orlandin, L. A. de Aguiar, V. A. V. Queiroz, R. P. Zandonadi, and R. B. A. Botelho, "Gluten-Free Sorghum Pasta: Composition and Sensory Evaluation with Different Sorghum Hybrids," *Foods*, vol. 11, no. 19, p. 3124, 2022. doi: 10.3390/foods11193124.
- [20] L. Milde, M. E. Monzón, J. E. Olivera, B. R. Garrido, and M. A. Fajardo, "Desarrollo y aceptación por parte del consumidor de pasta sin gluten enriquecida con *Pyropia columbina*. Propiedades físicas, texturales y nutricionales," *Rev. Esp. Nutr. Hum. Diet.*, vol. 26, Supl. 1, Mar. 2022. doi: 10.14306/renhyd.26.S1.1510.
- [21] P. Choobthaisong and O. Oupathumpanont, "Mejora de la calidad nutricional de la pasta seca sin gluten suplementada con *Cladophora spp.*," *Emir. J. Food Agric.*, vol. 33, no. 5, pp. 395-399, Jul. 2021. doi: 10.9755/ejfa.2021.v33.i5.2703.
- [22] H. Herawati, E. Kamsiati, and E. Sunarmani, "Formulation of Food Ingredients (Peanut Flour, Egg Yolks, Egg Whites, and Guar Gum) to the Characteristics of Gluten-Free Noodles," *Int. J. Technol.*, vol. 12, no. 3, 2021. doi: 10.14716/ijtech.v12i3.4139.
- [23] P. Fradinho, R. Soares, A. Niccolai, I. Sousa, and A. Raymundo, "Psyllium husk gel to reinforce structure of gluten-free pasta?," *LWT*, vol. 131, 2020. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109787.
- [24] N. López-Mejía and N. B. Morales Posada, "Optimization of the formulation of gluten-free pasta enriched with dehydrated pumpkin pulp using the method of mix design," *Braz. J. Food Technol.*, vol. 23, 2020. doi: 10.1590/1981-6723.29918.
- [25] S. Wangtueai, Y. Phimolsiripol, C. Vichasilp, J. M. Regenstein, and R. Schöenlechner, "Optimization of gluten-free functional noodles formulation enriched with fish gelatin hydrolysates," *LWT*, vol. 133, 2020. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109977.
- [26] S. A. Sofi, J. Singh, S. A. Mir, and B. N. Dar, "In vitro starch digestibility, cooking quality, rheology and sensory properties of glutenfree pregelatinized rice noodle enriched with germinated chickpea flour," *LWT*, vol. 133, 2020. doi: 10.1016/j.lwt.2020.110090.
- [27] B. Llavata, A. Albors, and M. E. Martín-Esparza, "High fibre gluten-free fresh pasta with tiger nut, chickpea and fenugreek: Technofunctional, sensory and nutritional properties," *Foods*, vol. 9, no. 1, 2020. doi: 10.3390/foods9010011.
- [28] A. Rachman, M. A. Brennan, J. Morton, and C. S. Brennan, "Effect of cassava and banana flours blend on physico-chemical and glycemic characteristics of gluten-free pasta," *J. Food Process Preserv.*, vol. 43, no. 9, 2019. doi: 10.1111/jfpp.14084.
- [29] J. A. Cornell, *Experiments with Mixtures: Designs, Models, and the Analysis of Mixture Data*, 3rd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011. doi: 10.1002/9781118204221.
- [30] M. Scarton and M. T. P. S. Clerici, "Gluten-free pastas: ingredients and processing for technological and nutritional quality improvement," *Food Sci. Technol.*, vol. 42, 2022. doi: 10.1590/fst.65622.
- [31] B. L. Tagliapietra, R. Soares, and M. T. P. S. Clerici, "Rice (*Oryza sativa* L.) and its products for human consumption: general characteristics, nutritional properties, and types of processing," *Food Sci. Technol. (Campinas)*, vol. 44, Jun. 2024. doi: 10.31047/fst.292.
- [32] B. L. Tagliapietra and M. T. P. S. Clerici, "Brown algae and their multiple applications as functional ingredient in food production," *Food Res. Int.*, vol. 167, 2023. doi: 10.1016/j.foodres.2023.112655.
- [33] V. D. Capriles, E. V. de Aguiar, F. G. dos Santos, M. E. A. Fernández, B. G. de Melo, B. L. Tagliapietra, M. Scarton, M. T. P. S. Clerici, and A. C. Conti, "Current status and future prospects of sensory and consumer research approaches to gluten-free bakery and pasta products," *Food Res. Int.*, 2023. doi: 10.1016/j.foodres.2023.113389.
- [34] B. G. de Melo, B. L. Tagliapietra, and M. T. P. S. Clerici, "Evolution of the technological, sensory, and nutritional quality of gluten-free cookies: a critical review," *Food Sci. Technol. (Campinas)*, vol. 43, Sep. 2023. doi: 10.31047/fst.161.