

## Ingredientes alternativos para la elaboración de pan libre de alérgenos, alto en proteínas vegetales y fibra

### *Alternative ingredients to produce allergen-free bread, high in plant-based protein and fiber*

Fusari Gómez, Cecilia Mara<sup>1</sup>; Mognaschi, Paula Elizabeth<sup>1</sup>; Locatelli, Daniela Ana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ciencias Enológicas y Agroalimentarias; Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Biomatemática y Físico-Química; Argentina.

DOI: <https://doi.org/10.59872/icu.v9i13.550>

Contacto: [cfusari@fca.uncu.edu.ar](mailto:cfusari@fca.uncu.edu.ar)

Recepción: 14/02/2025; Aceptación: 30/03/2025;

Publicación: 08/05/2025

**Palabras claves:** Gluten; Alimentos vegetales; Legumbres; Alérgenos; Panificados

**Keywords:** Gluten; Plant-based foods; Legumes; Allergens; Baked goods

#### Resumen

Existe un gran número de alimentos con potencial alergénico, de los cuales, son ocho los que provocan aproximadamente el 90% de las reacciones: leche, huevo, pescados, mariscos, maní, soja, trigo y frutos secos. La ingesta de sustancias alérgenas, aún en cantidades ínfimas, puede desencadenar en personas sensibles, reacciones que pueden ser leves o de gravedad. El desarrollo de productos libres de alérgenos con aportes nutritivos adicionales, mediante el uso de ingredientes no tradicionales, es un área de vacancia de la que se desprenden amplias perspectivas comerciales y paliativas a la demanda de este tipo de productos en el mercado.

El objetivo de este trabajo consistió en el desarrollo de una premezcla para elaborar pan libre de alérgenos, con elevado contenido de proteínas y fibras de origen vegetal.

Se evaluó el empleo de harina de garbanzos germinados y no germinados, por su aporte de  $\alpha$ -amilasas, las cuales resultarían esenciales para favorecer el proceso fermentativo. Al producto desarrollado se le realizaron análisis nutricionales y, se comparó los resultados obtenidos con la información nutricional de premezclas comerciales. Luego de elaborados los panes, se analizó: color en corteza y miga, volumen específico y alveolar.

Las diferencias entre la premezcla desarrollada y las comerciales se encuentran en el contenido de proteínas y fibra alimentaria, logrando, en algunos casos, duplicar y hasta sextuplicar su cantidad. Los estudios comparativos realizados, no encontraron diferencias significativas en parámetros como el color de la corteza, volumen específico y alveolar, pero sí en el color la miga.

#### Abstract

*There are many foods with allergenic potential, only eight of them cause approximately 90% of reactions: milk, eggs, fish, shellfish, peanuts, soy, wheat and nuts. The ingestion of allergenic substances, even in tiny amounts, can trigger reactions in sensitive people that can be mild or severe. The development of allergen-free products with additional nutritional contributions, using non-traditional ingredients, continues to be a vacant area with commercial prospects and palliatives to the demand for this type of product on the market.*

*The aim of this work was to develop a premix to produce allergen-free bread, with a high content of plant-based proteins and fibers.*

*The use of germinated and non-germinated chickpea flour was evaluated, due to its contribution of  $\alpha$ -amylases, which would be essential to favor fermentation process. Nutritional analyses were performed on the developed product and the results obtained were compared with the nutritional information of commercial premixes. On breads were determinate: crust and crumb color, specific and alveolar volume.*

*The most notable differences between the developed premix and the commercial ones are found in the protein and dietary fiber content, achieving, in some cases, doubling and even sextuple their quantity. The comparative studies carried out did not find significant differences in parameters such as crust color, specific and alveolar volume, but they did in crumb color.*

## Introducción

Las alergias son un conjunto de reacciones o respuestas alteradas del organismo ante una sustancia denominada alérgeno o antígeno, por sí mismas inofensivas pero que pueden afectar gravemente a personas genéticamente susceptibles o predispuestas (McAdams *et al.*, 2018). A nivel mundial, las Alergias Alimentarias (AA) constituyen un creciente problema de salud pública debido al aumento en la incidencia de estas patologías (Gupta *et al.*, 2019). En los países desarrollados, se estima que entre el 5% y el 10 % de la población tiene alguna AA, lo que afecta significativamente la calidad de vida de esas personas (Pepper *et al.*, 2020).

El grupo de alérgenos identificados como los grandes causantes de AA a nivel mundial, incluye: leche, soja, huevos, cereales que contienen gluten, maní, frutas secas, crustáceos y pescados (Fundu *et al.*, 1999). Estos son responsables de aproximadamente el 90% de las AA conocidas (Nwaru *et al.*, 2014). La normativa argentina incluye en esta lista a los sulfitos debido al tipo de reacción que puede provocar en las personas sensibles, y que en las asmáticas puede agravarse hasta un shock anafiláctico (ANMAT, 2024).

La ingesta de sustancias alérgenas, aún en cantidades ínfimas, puede desencadenar en las personas sensibles, reacciones que pueden ser leves o de gravedad. Estas reacciones pueden manifestarse en cualquier parte del organismo: piel, aparato digestivo o respiratorio y, en algunas ocasiones, pueden provocar una reacción generalizada de colapso, conocida como shock anafiláctico, que es una urgencia médica y puede poner en peligro la vida de la persona si no se trata de forma rápida y adecuada (Bahna, S., 2024).

Cuidar la dieta para que sea libre de sustancias alérgenas, no es lo único a lo que deben enfrentarse las personas sensibles, ya que llevar una alimentación desequilibrada con mayor presencia de productos con calidad nutricional deficiente puede ser perjudicial para la salud. Muchos de los productos que se encuentran actualmente en el mercado, que no contienen gluten, tienen mayor cantidad de grasas y azúcares para mejorar su sabor, por lo que, si se consumen en exceso puede llevar al aumento de peso y obesidad (Ministerio de Salud, 2020).

Según un estudio conjunto entre la Facultad de Bioquímica y Cs. Biológicas de Santa Fe y la Universidad Nacional del Litoral sobre la disponibilidad, costo y valor nutricional de los Alimentos Libres de Gluten (ALG), el contenido de energía, grasas totales y grasas saturadas es superior en estos alimentos, mientras que el contenido de fibra dietética y la calidad nutricional general de estos alimentos es inferior. Se encontró también mayor cantidad de energía, grasas totales y saturadas, y en algunos casos azúcares simples y proteínas, pero éstas últimas sólo de origen animal. También se observaron variaciones importantes en las cantidades de sodio de los diferentes productos (Cúneo y Ortega, 2012). Estudios posteriores han demostrado que a pesar de que muchos ALG se encuentran disponibles en el mercado, son pocas o nulas las posibilidades de encontrar aquellos que tengan adecuada calidad nutricional, por lo que sigue siendo un desafío para las personas intolerantes que llevan una dieta libre de gluten y que buscan una alimentación nutricionalmente de calidad (Villanueva R., 2017; Ballesteros *et al.*, 2018; González *et al.*, 2023).

Las masas y los batidos libres de alérgenos, principalmente los elaborados sin gluten, poseen viscosidad y elasticidad diferente de los que sí tienen, lo que dificulta su procesamiento en equipos concebidos para procesar masas con gluten. Según Sciarini *et al.*, (2016) en su estudio sobre el rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan, la propuesta más común para reemplazarlo es usar una mezcla de almidones, hidrocoloides, fibras e ingredientes lácteos para que, todos juntos, otorguen la funcionalidad necesaria. Estas materias primas tienen una mayor capacidad de absorción de agua en relación con la harina de trigo, por lo que el contenido de agua de las masas libres de gluten es generalmente alto. Las amasadoras son, en general, reemplazadas por batidoras, se someten a fermentación entre 60 y 75 minutos, y luego son horneadas por tiempos relativamente más largos, debido a la presencia de las altas proporciones de agua.

En los últimos años, se han desarrollado panes libres de gluten aplicando diversas formulaciones, tales como el uso de diferentes tipos de almidones (maíz, papa, mandioca o arroz), harinas de legumbres, trigo sarraceno, sorgo y granos andinos, productos lácteos, hidrocoloides, emulsionantes, proteínas vegetales, prebióticos y las propiedades espumantes y emulsionantes de las proteínas del huevo, para mejorar su estructura, sabor, aceptabilidad y tiempo de vida útil (Melo T., 2018).

Las premezclas comerciales para elaboración de panificados consisten en una mezcla de harinas y/o féculas con otros ingredientes necesarios para la panificación. Estos productos tienen varias ventajas para el panadero que los utiliza, entre ellos, les permiten diferenciarse del resto de los competidores ofreciendo una amplia gama de productos especiales, logrando una mayor optimización de la calidad de la materia prima y uniformidad de esa calidad durante todo el año, se simplifica el trabajo, la gestión de compras, el control de stock y se obtiene un mayor rendimiento de la harina al utilizar ingredientes específicos para cada uno de los productos panificados (Fuentes *et al.*, 2002).

Cada harina o fécula que compone a la premezcla se comportan de manera diferente, tienen distintas características y texturas, absorben una variable proporción de líquidos, por lo cual no se pueden realizar las mismas recetas con todas las premezclas. Cabe destacar que algunas personas optan por realizar sus propias mezclas de harinas, pero muchas veces deben hacer varios intentos hasta lograr mezclas que se asemejen a las comerciales y que ofrezcan resultados satisfactorios, aunque éstos no sean reproducibles. Los productos más utilizados son: harina de arroz, maíz y mandioca, dejando de lado, la gran variedad de harinas libres de gluten que existen (Zerbini *et al.*, 2024).

La ventaja de elegir premezclas comerciales que contengan aditivos alimentarios es que mejoran las propiedades del alimento, ofrecen extensión de la vida útil, mejoran la textura, facilitan el amasado; permitiendo al consumidor tener alimentos recién hechos de forma práctica. La desventaja que presentan es que son pocas las que poseen buenas características nutricionales y son libres de alérgenos.

El desarrollo de productos libres de alérgenos en sus versiones más equilibradas, con relación al contenido de fibra, proteínas, calidad de grasas y calorías, factible a través de la planificación de formulaciones con mayor calidad nutricional, es un área que promete amplio desarrollo, perspectivas comerciales y paliativas de las deficiencias que se presentan en la actualidad. Mediante esta investigación, se trabajó en la formulación de una premezcla para la elaboración de pan totalmente libre de alérgenos con elevado contenido de proteínas de origen vegetal y fibras; incorporando de esta manera ingredientes alternativos para la obtención de alimentos con características nutricionales mejoradas.

Con el fin de mejorar la calidad panadera de la mezcla de harinas seleccionadas, se utilizó harina de garbanzos germinados, ya que existen referencias (Picca *et al.*, 2021) de que es una buena fuente de  $\alpha$ -amilasas, las cuales resultarían esenciales para favorecer el proceso fermentativo posterior.

#### Materiales y métodos

##### Formulación de la premezcla

La formulación de la premezcla para elaboración de pan fue lograda a través de ensayos previos de prueba y error, hasta obtener la fórmula deseada. En la Tabla 1 se detalla el listado de ingredientes y el porcentaje de cada uno de ellos. Para la formulación se utilizaron dos variantes de harina de garbanzo, una germinada y otra sin germinar.

##### Obtención de la harina de garbanzos germinados y sin germinar

La harina de garbanzos se obtuvo a partir de los granos secos. Un mismo lote fue dividido en dos porciones. Una parte fue sometida a un proceso de germinación, que inició con la imbibición de los granos. Una vez hidratados se colocaron en bandejas que fueron mantenidas a temperatura ambiente para favorecer el proceso de germinación. Posteriormente se secaron en un deshidratador de bandejas vertical marca Nesco, a 40 °C durante tres ciclos de 10 horas cada uno. A continuación, se procedió a la molienda de los granos secos en un molinillo eléctrico marca Moulinex hasta obtener un polvo homogéneo y fino que posteriormente fue cernido.

La otra porción de garbanzos solamente fue sometida a un proceso de molienda y cernido hasta obtener la harina de garbanzo sin germinar.

**Tabla 1.** Formulación de la premezcla para elaborar panes libres de alérgenos

Ingredientes	Porcentaje (g/100 g)
Harina de arroz	29
Harina de garbanzo	15
Harina de sorgo	15
Almidón de maíz	15
Harina de lino dorado	9
Proteína de arveja	6
Semillas de chía	3
Psyllium	2,48
Goma xántica	1,29
Azúcar	1,29
Polvo de hornear	1,29
Levadura instantánea	0,99
Sal	0,66

### Elaboración de los panes

Para poder evaluar el comportamiento panadero del producto, se realizó la elaboración de los panes a partir de las dos premezclas elaboradas (una con harina de garbanzos sin germinar y la otra con harina de garbanzos germinados). Para 100 g de masa fue necesario incorporar 41,6 g de premezcla, 49,7 g de agua y 6,7 g de aceite. Luego del batido (15 minutos a máxima potencia en batidora planetaria marca Philips serie 7000) se procedió a la fermentación (1 hora a 25°C) y cocción (45 minutos a 220°C) en horno eléctrico.

### Análisis de composición nutricional

Para el análisis de la composición nutricional de las premezclas se realizaron las determinaciones que se describen a continuación:

- **Humedad:** se realizó por gravimetría a través del método indirecto que se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua (Astiz *et al.*, 2022).
- **Cenizas totales:** se realizó siguiendo el método descrito por Cervilla *et al.* (2012).
- **Proteínas:** se realizó mediante el método Kjeldahl, que se basa en medir el contenido de nitrógeno total del alimento multiplicado por un factor, para este caso, según García *et al.*, (2013) dicho factor es 6,25.
- **Grasas totales:** se utilizó el equipo Soxhlet, usando hexano como solvente. Metodología AOAC (1995) método 991.10.
- **Fibra alimentaria:** La determinación del contenido de fibra alimentaria se realizó como se describe en Albarracín y Rodas (2013).
- **Sodio:** La determinación del contenido de sodio se realizó por fotometría de llama (Pérez y Rojas, 2017).
- **Hidratos de carbono y valor energético:** Se determinan mediante cálculo según la resolución 46/03 presente en el Capítulo 5 del CAA (2024).
- **Medición del volumen específico:** Para la medición de volumen específico se utilizó la técnica descrita por Lacerda *et al.*, (2022) con modificaciones, que consiste en medir el volumen de agua desplazado al introducir una rodaja de pan y calcular la relación con respecto al peso de la muestra.

$$\text{Volumen específico (ml/g)} = \text{Volumen (ml)} / \text{Masa (g)}$$

- **Medición del volumen alveolar:** Para esta medición se realizaron cortes transversales en los distintos panes con el fin de obtener rodajas de 1 cm de espesor. Posteriormente se tomaron imágenes digitales de cada rodaja, las cuales fueron procesadas mediante el software Image J, según como describe Santos *et al.*, (2020) utilizando un campo de visión de 1180 x 1180 píxeles (2,5 cm de ancho x 2,5 cm de alto).
- **Medición de color:** La evaluación colorimétrica, se realizó a través el sistema de coordenadas CIELAB, dado por un sistema cromático, mediante las coordenadas L\* (luminosidad), a\* (rojo/verde) y b\* (amarillo/azul). Se utilizó un colorímetro CR-400 de Konica Minolta (Konica Minolta, Japón) con iluminante D65, 10° de ángulo de observación.
- **Análisis estadístico de los resultados:** Todas las mediciones fueron realizadas por triplicado. El análisis descriptivo de los datos y la comparación de medias se realizaron mediante el Software Infostat versión 2017. La comparación de medias se realizó considerando un  $\alpha=0,05$ , el cual se comparó con el p-valor obtenido en la prueba de t-Student.

### Resultados

#### Análisis comparativo de la composición nutricional de las premezclas formuladas

Las premezclas elaboradas (con harina de garbanzos germinados y sin germinar), fueron analizadas por su composición nutricional. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para cada una de ellas. El análisis estadístico de los datos evidenció que no existen diferencias significativas entre las muestras de la premezcla con harina de garbanzos sin germinar y la premezcla con harina de garbanzos germinados para un nivel de significancia de 0,05.

A los fines prácticos y debido a que nutricionalmente no hay diferencias entre ambas premezclas, se decidió continuar con el análisis de resultados utilizando los datos de la premezcla elaborada con harina de garbanzos germinados, por el aporte tecnológico y la innovación que se deseó introducir en el presente estudio.

**Tabla 2.** Comparación de los resultados nutricionales obtenidos luego del análisis de las premezclas elaboradas con harina de garbanzos germinados y sin germinar.

Determinación	Resultados	
	Premezcla con harina de garbanzos sin germinar	Premezcla con harina de garbanzos germinados
Humedad	9,13 ± 0,49 <sup>a</sup>	7,86 ± 0,11 <sup>a</sup>
Cenizas Totales	3,41 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,44 ± 0,21 <sup>a</sup>

Proteínas	16,71 ± 0,37 <sup>a</sup>	17,32 ± 0,13 <sup>a</sup>
Grasas Totales	3,47 ± 0,08 <sup>a</sup>	4,17 ± 0,64 <sup>a</sup>
Fibra Alimentaria	7,30 ± 1,73 <sup>a</sup>	7,38 ± 0,45 <sup>a</sup>
Hidratos de carbono	59,95 ± 2,49 <sup>a</sup>	59,80 ± 1,07 <sup>a</sup>
Valor energético (kcal)	337,87 ± 9,25 <sup>a</sup>	345,95 ± 1,01 <sup>a</sup>
Sodio*	727 ± 3 <sup>a</sup>	718 ± 5 <sup>a</sup>

Resultados expresados en gramos para 100 g de muestra.

\* Resultado expresado en miligramos para 100 g de muestra. Valores promedio (n=3) ± Desviación Estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (α=0,05).

### Análisis comparativo de composición nutricional con respecto a premezclas comerciales

Con el fin de evaluar el aporte nutricional de la premezcla elaborada con harina de garbanzos germinados con respecto a lo que se ofrece actualmente en el mercado, es que se seleccionaron distintas premezclas comerciales. La lista de ingredientes declarados en los rótulos de cada una de ellas se muestra en la Tabla 3.

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la composición nutricional de la formulación desarrollada en este trabajo y las declaradas en los rótulos nutricionales de los productos en comparación.

**Tabla 3.** Ingredientes que componen a las premezclas comerciales seleccionadas para comparar con la premezcla formulada y alérgenos declarados.

Premezcla	Ingredientes declarados
Premezcla formulada con harina de garbanzos germinados	Harina de arroz, harina de garbanzos germinados, almidón de maíz, harina de sorgo, harina de lino dorado, proteína de arveja, psyllium, leudante químico INS 500ii, goma xántica, azúcar, levadura instantánea, sal.
Premezcla con levadura para elaborar Pizza y Pan. Libre de gluten sin TACC. Marca Comercial A	Almidón de maíz, harina de arroz, harina de sorgo, levadura, leche descremada en polvo, azúcar, sal, Emulsionantes: INS 472b, Estabilizantes: INS 415, Leudantes químicos INS 341i, INS 500ii. CONTIENE LECHE Y SULFITOS.
Premezcla para panadería y repostería. Libre de gluten sin TACC. Marca Comercial B	Harina de arroz, fécula de mandioca, almidón de maíz, fécula de papa, azúcar, aceite vegetal, leche, huevo, sal, emulsionantes (estearoil, lactilato de sodio, lecitina de soja), estabilizantes (carboximetilcelulosa, goma xántica, goma guar). CONTIENE HUEVO, LECHE Y SOJA.
Premezcla Base Múltiple para Panificados, Pastas y Postres sin TACC. Marca Comercial C	Harina de arroz, almidón de maíz, fécula de mandioca, emulsionantes: goma xántica y goma guar.

**Tabla 4.** Información nutricional de la premezcla formulada y de las premezclas comerciales seleccionadas

	Cantidad por porción. Porción 50g			
	Premezcla desarrollada	Premezcla marca comercial A	Premezcla marca comercial B	Premezcla marca comercial C
Valor energético	173kcal/732kJ	160kcal/750kJ	118kcal/786kJ	170kcal/715kJ
Carbohidratos	30g	45g	39g	42g
Proteínas	8,7g	3,5g	2,4g	1,3g
Grasas Totales	2,1g	1g	2,5g	0g
Fibra alimentaria	3,7g	1,5g	0,6g	0,6g
Sodio	359mg	195mg	130mg	5mg

**Medición del color de la corteza y miga**

Las coordenadas de color obtenidas se indican en la Tabla 5. A través del análisis estadístico de los datos se pudo evidenciar diferencias estadísticamente significativas en dos de las coordenadas entre los panes elaborados a partir de las dos premezclas formuladas.

De la medición de color de la miga se encontró diferencia significativa para las coordenadas L\* y a\*, no así para la coordenada b\*. La miga de los panes elaborados con harina de garbanzos germinados presenta una menor luminosidad (L\*) y colores más cercanos al rojo (a\*). En el caso de la medición de color de la corteza de los panes, el análisis estadístico de los datos no arrojó diferencias significativas para ninguna de las coordenadas.

**Tabla 5.** Resultados de color de miga y corteza de los panes elaborados a partir de las premezclas en estudio

Miga de pan	Color		
	L	a	b
Con harina de garbanzos sin germinar	55,57±1,82 <sup>a</sup>	-0,07±0,17 <sup>a</sup>	13,55±0,19 <sup>a</sup>
Con harina de garbanzos germinados	53,12±1,87 <sup>b</sup>	0,21±0,21 <sup>b</sup>	13,39±0,83 <sup>a</sup>
Corteza de pan	Color		
	L	a	b
Con harina de garbanzos sin germinar	39,52±2,19 <sup>a</sup>	8,91±0,45 <sup>a</sup>	16,08±0,76 <sup>a</sup>
Con harina de garbanzos germinados	36,86±3,89 <sup>a</sup>	10,43±4,49 <sup>a</sup>	14,76±2,98 <sup>a</sup>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

**Medición del volumen específico y alveolar**

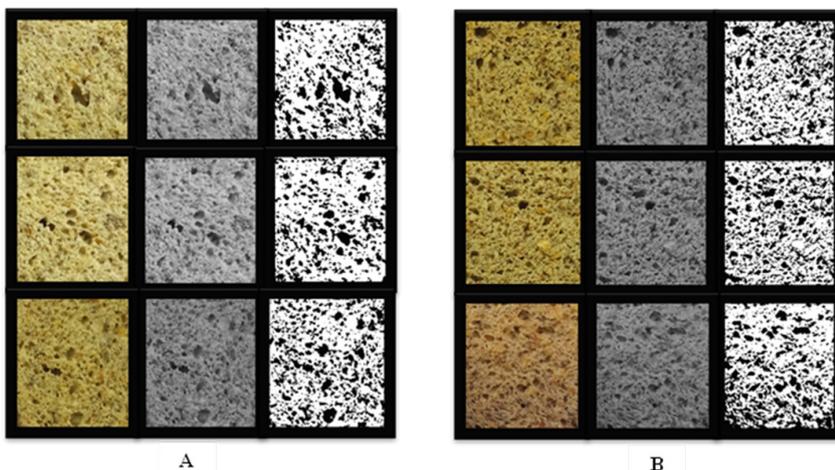
Los resultados de las mediciones de volumen específico y alveolar de las rodajas de pan se muestran en Tabla 6. Del análisis estadístico de los datos se desprende que no se encontraron diferencias significativas tanto en el volumen específico, como en el alveolar entre las muestras de pan elaborados a partir de las dos formulaciones analizadas.

**Tabla 6.** Volumen específico y volumen alveolar de las rodajas de pan elaborado con harina de garbanzos germinados y sin germinar.

Pan	Volumen	
	Específico	Alveolar
con harina de garbanzos sin germinar	1,51±0,14 <sup>a</sup>	12,47±6,49 <sup>a</sup>
con harina de garbanzos germinados	1,64±0,12 <sup>a</sup>	11,84±6,46 <sup>a</sup>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

Los resultados de volumen alveolar se obtuvieron mediante el uso del software Image J que, mediante una transformación de fotografías a blanco y negro, permitió medir el porcentaje de área, que se corresponde con los alveolos presentes en la miga (color negro) respecto del área total analizada. Las imágenes obtenidas se pueden apreciar en la Figura 1 A y B, que corresponden al pan elaborado con harina de garbanzos sin germinar y germinados, respectivamente.



**Figura 1.** Imágenes obtenidas con el software Image J del pan formulado con: A. harina de garbanzos sin germinar y B. harina de garbanzos germinados

### Discusión

El mayor desafío en la elaboración de panes libres de sustancias alérgicas se encuentra en hallar una mezcla de harinas y almidones que permitan obtener un producto organolépticamente adecuado (corteza dorada y crujiente, miga tierna que no se desintegre, con olor y sabor agradable). Entre los ingredientes utilizados para elaborar la premezcla, se destaca el garbanzo por sus propiedades nutricionales y por su ventaja de ser fuente de enzimas promotoras de la fermentación.

El garbanzo es un alimento rico en proteínas y carbohidratos, lo que le otorga un gran potencial para ser aprovechado para la formulación y desarrollo de alimentos funcionales (Aguilar y Velez, 2013).

En un estudio realizado por Kohajdová *et al.* (2011), se compararon las propiedades funcionales de la harina de trigo con respecto a la harina de garbanzo, la harina de garbanzo mostró un mayor porcentaje de hidratación. Las harinas con un mayor poder de hidratación pueden ser buenos ingredientes para incorporarlos en productos de panadería, ya que permiten adicionar mayor contenido de agua mejorando así las características de procesamiento y ayudando a mantener la frescura del pan. Atudorei *et al.*, (2021) describe que el proceso de germinación de los garbanzos proporciona una mayor actividad de  $\alpha$ -amilasas, las cuales resultan esenciales para favorecer el proceso fermentativo posterior. La degradación del almidón en el proceso de la panificación está regulada por el contenido en amilasas de la harina y por la susceptibilidad de los gránulos (Picca *et al.*, 2021).

El sorgo (*Sorghum spp.*) fue seleccionado por ser un cereal de bajo costo, fuente de vitaminas del complejo B como lo es la tiamina, riboflavina y niacina, así como potasio, fósforo, hierro y en menor proporción de calcio (Vásquez *et al.* 2018). Es un cereal sin gluten con un alto nivel de almidón, sin embargo, tiene mayor contenido de proteínas que el arroz, la papa y la yuca, además de compuestos bioactivos (Lacerda *et al.* 2022).

Las propiedades fisicoquímicas y los usos finales de los almidones de diversas fuentes están íntimamente asociados con la estructura, tamaño y distribución de los gránulos, la distribución de las moléculas de glucosa, temperatura de gelatinización, consistencia del gel, y propiedades reológicas. Estas características, contribuyen ampliamente en la toma de decisiones y su aplicación en las diferentes elaboraciones, pero sin duda deben ser incorporados por ser los más adecuados para el proceso fermentativo de las levaduras involucradas en la panificación (Sivaramakrishnan *et al.*, 2004).

La incorporación de semillas de chía y lino en la panificación aumenta el valor nutritivo de los productos debido a la proporción de ácidos grasos omega y fibra dietética, además que existe un cambio en la cinética de la amilopectina durante el almacenamiento, lo que se relaciona directamente con el aumento de vida útil del producto elaborado (Iglesias *et al.*, 2013). El mucílago o gel obtenido de la fibra soluble contenida en estas semillas, es fuente de hidrocoloides con propiedades de retención de agua, emulsionante, espesante, estabilizante, siendo soluble en agua caliente y fría (Villa *et al.*, 2020).

El aumento constante de la población mundial ha fomentado la búsqueda de fuentes proteicas vegetales como alternativa a las proteínas animales. En este contexto, se destaca el uso de legumbres como ingredientes innovadores para la industria alimentaria, principalmente garantizando una alimentación suficiente y sostenible para los vegetarianos, veganos y celíacos (Esposito *et al.*, 2021).

El uso de harina de arveja en panificación permite lograr un alimento más completo desde el punto de vista nutricional. Desde el punto de vista tecnológico, permite obtener productos novedosos en el mercado, elaborados a base de recursos existentes, accesibles y no tan utilizados (Alasino *et al.*, 2008).

El análisis estadístico de composición nutricional de las premezclas elaboradas no presentó diferencias significativas entre ambas. Esto era esperable debido a que la única diferencia entre las premezclas era la germinación de los garbanzos utilizados en una de ellas. Los resultados demuestran que el proceso de germinación y deshidratación posterior no afectan las características nutricionales del producto.

En cuanto al contenido de sodio, el valor hallado en la premezcla fue de 718 mg/100 g, además se determinó el contenido de sodio en el pan elaborado indicando un valor de 368 mg/100 g pan, dicho valor no excede el límite legal establecido por el CAA (Artículo 725) para panes integrales que es de 503 mg/100 g.

Respecto al análisis comparativo de composición nutricional de las premezclas comerciales, se puede decir que el valor energético de la premezcla en estudio tiene un valor similar al de la marca comercial C, no así con los otros dos productos. Por otro lado, con respecto al contenido de carbohidratos la premezcla elaborada posee menor cantidad. Respecto a grasas totales, posee valores semejantes a la premezcla marca comercial B. Las diferencias más notables entre la premezcla formulada y las comerciales se encuentran en el contenido de proteínas y fibra alimentaria, logrando, duplicar y hasta sextuplicar su cantidad con respecto a los valores declarados por las premezclas analizadas. Esto demuestra que la incorporación de proteína de arveja y harina de garbanzos ha mejorado el aporte proteico y que el agregado de psyllium y harina de lino dorado han aumentado el aporte de fibra alimentaria.

En el estudio de Cuneo *et al.* (2012) el valor nutritivo fue evaluado de manera similar a este trabajo. Si bien este estudio no contempla el contenido de proteínas, si el de fibra dietética; en los alimentos «Sin TACC», el contenido de fibra dietética fue inferior con respecto a productos similares con TACC. En comparación a los datos reportados en el mencionado trabajo, el contenido de fibra dietética de la premezcla formulada duplica, y en algunos casos, triplica dichos valores.

Con respecto al aumento en el contenido proteico de la premezcla, los resultados obtenidos conciden con los reportados por Alasino *et al.*, (2008) quien evaluó el aumento del contenido de proteínas mediante el agregado de harina de arvejas. Se pudo verificar que, en la premezcla formulada, la suplementación con proteína de arveja mejora el contenido proteico del producto final. Siendo por tanto los concentrados y aislados proteicos de legumbres una fuente alternativa de proteína baja en grasas saturadas, libre de alérgenos, lactosa y gluten.

Respecto al color de la corteza y miga de los panes elaborados, el análisis de color de las migas permitió evidenciar diferencias significativas en dos de las coordenadas correspondientes a los panes elaborados a partir de las premezclas formuladas. En el caso de la medición de color de la corteza de los panes elaborados, el análisis estadístico de los datos no arroja diferencias significativas para ninguna de las coordenadas. Estos resultados se encuentran en disonancia respecto de los obtenidos por Melo, T. (2018) en su estudio sobre el enriquecimiento de panes sin gluten con mezclas proteicas de arveja, se obtuvieron diferencias de color en la corteza de los panes, en contraposición a los resultados del presente análisis que encontró diferencias de color en la miga. Sin embargo, Melo (2018) también describió que la luminosidad ( $L^*$ ) de las cortezas fue modificada por la incorporación de las proteínas a los panes. El valor de la coordenada  $a^*$  también aumentó significativamente. Este fenómeno se puede explicar por el efecto generado por las reacciones de Maillard y de caramelización producidas durante el horneado. El oscurecimiento global como resultado de la incorporación de las proteínas es un efecto esperado y deseable, ya que los panes libres de gluten (altos en almidones y bajos en proteínas) tienden a tener valores de  $L^*$  mayores que los panes de trigo. En su estudio, al igual que para nuestros resultados, se aprecia que en el parámetro  $b^*$  no hay diferencias significativas entre las muestras analizadas.

Respecto del volumen específico de los panes elaborados, en el trabajo de Santos *et al.* (2021) sobre el impacto del nivel de hidratación de la masa en la calidad de un pan sin gluten adicionado con harina de garbanzos, pudo obtener aumentos del volumen específico para niveles de hidratación, que mencionan como óptimos, alrededor del 150% al 160% sobre el peso de la harina de garbanzos utilizados. En sus resultados destacan que estos porcentajes de hidratación contribuyeron al aumento del volumen específico del pan y a la suavidad de la miga sin causar daño a la estructura celular. Sin embargo, en este trabajo los panes fueron elaborados únicamente utilizando harina de garbanzos por lo que el porcentaje de hidratación que debieron utilizar fue mayor.

En el caso del volumen alveolar, el análisis estadístico de los datos determinó que no se encontraron diferencias significativas entre los dos panes en estudio, sin embargo, de la observación de las fotografías podemos notar que en el caso del pan elaborado con harina de garbanzos germinados los alveolos desarrollados en la miga son de menor tamaño pero más uniformes, a diferencia del pan elaborado con harina de garbanzos sin germinar que desarrolló algunos alveolos de mayor tamaño pero en menor cantidad. Esta característica es importante a la hora de establecer las características organolépticas y tecnológicas de producto, ya que una miga más uniforme podría ser de mayor preferencia para los consumidores. Estas observaciones se conciden con el estudio de Santos *et al.*, (2021) ya que encontró que el aumento en el tamaño alveolar promedio estuvo acompañado por una disminución en el número de ellos y viceversa, a menor tamaño de alveolos fue mayor el número de estos.

Mediante los resultados de la presente investigación se logró confirmar la hipótesis de que «la calidad nutritiva y de panificación de una premezcla para la obtención de pan libre de alérgenos con alto contenido de proteínas de origen vegetal es afectada al utilizar harina de garbanzos germinados», sin embargo, resultaría interesante en investigaciones posteriores la realización de ensayos de evaluación sensorial de los productos elaborados.

### Conclusiones

Este trabajo permitió la formulación de una premezcla para la elaboración de pan libre de sustancias alérgicas, con valores nutricionales mejorados en cuanto a parámetros como contenido de proteínas y de fibra alimentaria, en comparación con premezclas que se comercializan en la actualidad. Como ingredientes no tradicionales para la elaboración de pan, se utilizó harina de garbanzos germinados, psyllium, proteína aislada de arveja, semillas de chía, lino dorado, harina de sorgo y trigo sarraceno, siendo estos ingredientes de elevada calidad nutricional por su aporte de fibras, proteínas y micronutrientes.

### Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo por aportar los fondos necesarios para la ejecución de los ensayos.

### Referencias Bibliográficas

- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). (2024). Directrices para el rotulado de alérgenos y sustancias capaces de producir reacciones adversas en individuos susceptibles de productos alimenticios envasados. *Programa Federal de Control de Alimentos*. [en línea] [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/alergenos\\_junio\\_24\\_1.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/alergenos_junio_24_1.pdf)
- Alasino, M.C.; Andrich, O.D.; Sabbag, N.G.; Costa, S.C.; de la Torre M.A.; Sánchez, H.D. (2008). Panificación con harina de arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática. *Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*. Vol. 58, N° 4. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2008/4/art-12/>
- Albarracín, A; Rodas, L. (2013). Determinación de fibra en pan integral procedente de panaderías artesanales. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3261>
- Aguilar-Raymundo, V.G. y Vélez-Ruiz, J.F. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 7(2), 25-34. <https://www.researchgate.net/publication/319185894>
- Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC). (1995). Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC.
- Atudorei, D., Ungureanu-Iuga, M., Codină, G. G., & Mironeasa, S. (2021). Germinated Chickpea and Lupin as Promising Ingredients for Breadmaking-Rheological Features. *Agronomy*, 11(12), 2588. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122588>
- Astiz, V.; Salinas, M.V.; Puppo, M.C. (2022). Harinas de trigo pan y avena de alta calidad tecnológica. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. Vol 121(2):1-20. <https://doi.org/10.24215/16699513e113>
- Bahna, S. (2024). History of food allergy and where we are today. *World Allergy Organization Journal*. Volume 17(5), 100912. <https://doi.org/10.1016/j.waojou.2024.100912>
- Ballesteros, G.; Delvaux, M.E.; González Perini, E.; Julian, C.I. y Nigri, M.P. (2018). Disponibilidad, valor nutricional y textura de los panificados libres de gluten. *Revista de Investigación Académica*. N° 39, 60-66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6789778>
- Cervilla, N. S.; Mufari, J.R.; Calandri, E.L.; Guzmán, C.A. (2012). Composición química de harinas de quinoa de origen argentino - Pérdidas minerales durante el lavado. *Actualización en nutrición*. Vol 13(4). <http://www.revistasan.org.ar/numero.php?idn=11#.XXZr6y70mcw>
- Código Alimentario Argentino. (2024). Capítulo V. Normas para la Rotulación y Publicidad de los Alimentos. ANMAT. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat\\_caa\\_capitulo\\_v\\_rotulacion\\_actualiz\\_2021-09.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_caa_capitulo_v_rotulacion_actualiz_2021-09.pdf)
- Cúneo F. y Ortega, J.G. (2012). Disponibilidad, costo y valor nutricional de los alimentos libres de gluten en comercios de la ciudad de Santa Fe. *Revista FABICIB*, Volumen 16, 167-178. [https://www.academia.edu/105541878/Disponibilidad\\_costo\\_y\\_valor\\_nutricional\\_de\\_los\\_alimentos\\_libres\\_de\\_gluten\\_en\\_comercios\\_de\\_la\\_ciudad\\_de\\_Santa\\_Fe](https://www.academia.edu/105541878/Disponibilidad_costo_y_valor_nutricional_de_los_alimentos_libres_de_gluten_en_comercios_de_la_ciudad_de_Santa_Fe)
- Esposito, M. A y Accoroni, C. (2021). Evaluación del contenido proteico en variedades de arveja. EEA INTA Oliveros. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/185685>
- Fuentes, M.R. y Guerrero, L.Y. (2002). Elaboración y estandarización de una premezcla nutricional a partir de harina de trigo y algunos componentes de la avena. [Tesis de Ingeniería, Universidad de Bogotá, Colombia] <https://hdl.handle.net/20.500.14625/33331>
- Funda, D.P.; Kaas, A.; Bock, T.; Tlaskalová-Hogenová, H.; Buschard, K. (1999). Gluten-free diet prevents diabetes in NOD mice. *Diabetes Metabolism Research and Reviews*. 15(5):323-7. PMID: 10585617. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1520-7560\(199909/10\)15:5<323::aid-dmrr53>3.0.co;2-p](https://doi.org/10.1002/(sici)1520-7560(199909/10)15:5<323::aid-dmrr53>3.0.co;2-p)
- García, E.M.; Fernández, I.; Fuentes, A. (2013). Aplicación de la determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con una base fuerte. <http://hdl.handle.net/10251/29832>.
- González, A.; Temprano, M.; Costa, F.; Gordillo, M.B.; Fontana, M.R.; Pico, M.; Moreno, M.L.; Sugai, E.; Smecuol, E.; Niveloni, S.; Mazure, R.; Vázquez, H.; Mauriño, E.; Bai, J.C. (2023). Costo, disponibilidad y valor nutricional de los alimentos libres de gluten en Argentina. Su relación con la adherencia a la dieta libre de gluten, estudio multicéntrico. *Acta Gastroenterológica Latinoamericana*. 53(3):257-264 <https://doi.org/10.52787/agl.v53i3.335>
- Gupta, R.; Warren, C.; Smith, B; Jiang, J.; Blumenstock, J.; Davis, M.; Schleimer, R.; Nadeau, K. (2019). Prevalence and severity of food allergies among US adults. *Journal of American Medical Association Network Open*, 2 (1), <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.5630>.
- Iglesias-Puig, E. y Haros, M. (2013). Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). *European Food Research and Technology*, 237, 865-874. <https://www.researchgate.net/publication/257373440>
- Kohajdová, Z., Karovicová, J. y Magala, M. (2011). Utilisation of chickpea flour for crackers production. *Acta Chimica Slovaca*, 4(2), 98 - 107. [https://acs.fchpt.stuba.sk/papers/acs\\_0096.pdf](https://acs.fchpt.stuba.sk/papers/acs_0096.pdf)
- Lacerda, L.; Oliveira, G.; Rodrigues de Alencar, E.; Vieira Queiroz, V.; Figueiredo, L. (2022). Physical, chemical, and anti-oxidant analysis of sorghum grain and flour from five hybrids to determine the drivers of liking of gluten-free sorghum breads. *Food Science and Technology*. 153, 112407. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112407>
- McAdams, B., Deng, A., y MacLaurin, T. (2018). Food allergy knowledge, attitudes, and resources of restaurant employees. *British Food Journal*. 120(11), 2681-2694. <https://doi.org/10.1108/BFJ-01-2018-0028>
- Melo, T. (2018). Enriquecimiento de panes sin gluten con mezclas proteicas. [Tesis de Maestría, Universidad de Valladolid, España]. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/32131>

- Ministerio de salud. (2020). Encuesta sobre prácticas y percepciones de la comunidad celíaca acerca de los alimentos libres de gluten (ALG). [en línea]. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat\\_informe\\_encuesta\\_alg\\_2020\\_actualizado.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_informe_encuesta_alg_2020_actualizado.pdf)
- Nwaru, B.I.; Hickstein, L.; Panesar, S.S.; Roberts, G.; Muraro, et al. (2014). Prevalence of common food allergies in Europe: a systematic review and meta-analysis. *Allergy*. 69 (8):992-1007. 10.1111/all.12423
- Pepper, A.N.; Assa'ad, A.; Blaiss, M.; Brown, E.; Chinthrajah, S.; Ciaccio, C.; Fasano, M.B.; Gupta R.; Hong, N.; Lang, D.; Mahr, T.; Malawer, E.; Roach, A.; Shreffler, W.; Sicherer, S.; Vickers, K.; Vickery, B.P.; Wasserman, R.; Yates, K.; Casale, T.B. (2020). Consensus report from the Food Allergy Research & Education (FARE) 2019 Oral Immunotherapy for Food Allergy Summit. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 146(2):244-249. Epub PMID: 32505612. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2020.05.027>.
- Pérez, E.; Rojas, P. (2017). Implementación de un método para la determinación de sodio en soluciones parenterales por fotometría de llama. *Tecnología en Marcha*. Vol. 30(4): 93-107. DOI: 10.18845/tm.v30i4.3414
- Picca, A., Ferrari, E., Castaño, M., Pereyra Cardozo, M., Domínguez, R. y Paccapelo, H. (2021). Actividad de alfa amilasas y su relación con el tiempo de caída en líneas experimentales de triticale y tricepuro de uso potencial en la producción de bioetanol. *Semiárida*. 31(1), 35-43. [https://doi.org/10.19137/semiarida.2021\(01\).35-43](https://doi.org/10.19137/semiarida.2021(01).35-43)
- Santos, F.; Fratelli, C.; Muniz, D. y Capriles, V. (2021). The impact of dough hydration level on gluten-free bread quality: A case study with chickpea flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 26, 100434. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100434>
- Sciarini, L., Steffolani, M. y León A. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan. *AgriScientia*, 33(2), 61-74. [https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1668-298X2016000200001](https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2016000200001)
- Sivaramakrishnan, H. P.; Senge, B. y Chattopadhyay, P. K. (2004). Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering* (62) 37-45. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00169-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00169-9)
- Vásquez Lara, F.; Soto Padilla, D.; Cordero Fernández, D.; Granados Nevárez, M.; Islas Rubio, A.; Verdú Amat, S.; Grau Meló, R. y Barat Baviera, J. (2018). Utilización de harina de sorgo tratada térmicamente como una alternativa en la sustitución de harina de trigo en panificación. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 19, N° 2. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541013>
- Villa-Uvidia, D.; Osorio-Rivera, M. A. y Villacis-Venegas, N. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Revista Dominio de las Ciencias*, ISSN: 2477-8818, Vol. 6, 503-524. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398459>
- Villanueva Flores, R. (2017). Productos libres de gluten: un reto para la industria de los alimentos. *Revista Ingeniería Industrial*, (35), 183-194. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337453922009>
- Zerbini, C.; De Canio, F.; Martinelli, E.; Luceri, B. (2024). Are gluten-free products healthy for non-celiac consumers? How the perception of well-being moderates gluten-free addiction. *Food Quality and Preference*. Vol. 118, 105183. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105183>