



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

DESARROLLO DE PREMEZCLA PARA PAN LIBRE DE ALÉRGENOS CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNAS DE ORIGEN VEGETAL



PAULA ELIZABETH MOGNASCHI

Tesis de grado para optar por el título de: Licenciada en Bromatología

Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Cuyo
Mendoza, Argentina, 2024.

DESARROLLO DE PREMEZCLA PARA PAN LIBRE DE ALÉRGENOS CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNAS DE ORIGEN VEGETAL

Directora: Dra. Lic. Brom. Cecilia M. Fusari Gómez

Co-directora: Dra. Lic. Brom. Daniela Ana Locatelli

Tribunal evaluador:

- Presidente: Dra. Lic. Brom. Viviana Cecilia GUINLE
- Vocales: Dra. Lic. Brom. Adriana Beatríz GIMÉNEZ, MSc.Lic. en Brom. Nora MARTINENGO
- Suplente: Dra. Lic. Brom. María SANCE

Información de contacto

Paula Mognaschi.
paulamognaschi@gmail.com - 2612424977

RESUMEN

Existe un gran número de alimentos con potencial alergénico, de los cuales, sólo ocho son los que provocan aproximadamente el 90% de las reacciones, ellos son: leche, huevo, pescados, mariscos, maní, soja, trigo y frutos secos (nueces, avellanas, almendras, etc.).

La ingesta de sustancias alérgicas, aún en cantidades ínfimas, puede desencadenar en las 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, continúa siendo un área que promete amplio desarrollo y perspectivas comerciales y paliativas a la falta de este tipo de productos en el mercado.

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de una premezcla para la elaboración de pan libre de alérgenos, con elevado contenido de proteínas de origen vegetal por incorporación de ingredientes alternativos para la obtención de alimentos con características nutricionales optimizadas. Adicionalmente, con el fin de mejorar la calidad panadera de la mezcla de harinas utilizadas, se probó el uso de harina de garbanzos germinados, ya que, según la bibliografía existente, son fuente de α -amilasas, las cuales resultan esenciales para favorecer el proceso fermentativo posterior.

Se realizó la germinación, deshidratación y molienda de garbanzos para la obtención de harina. Se elaboraron dos premezclas con la misma formulación, reemplazando en una de ellas, la harina de garbanzos por harina de garbanzos germinados. Se realizó el análisis nutricional de las premezclas y, posteriormente, se elaboró la tabla de composición nutricional que se comparó con la información nutricional de premezclas comerciales.

El desarrollo de productos libres de alérgenos con aportes nutritivos adicionales es factible a través de la inclusión de ingredientes no tradicionales. Las diferencias más notables entre la premezcla formulada y las comerciales se encuentran en el contenido de proteínas y fibra alimentaria, logrando, en algunos casos, duplicar y hasta sextuplicar su cantidad. 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.

Luego de elaborados los panes a partir de las dos premezclas, se evaluaron comparativamente los siguientes parámetros: color en corteza y miga, volumen específico y volumen alveolar.

Para los estudios realizados, no se encontraron diferencias significativas en parámetros como el volumen específico y el volumen alveolar, aunque para este último, de la observación de las fotografías es posible notar que en el caso del pan elaborado a partir de la premezcla formulada con harina de garbanzos germinados, los alveolos desarrollados en la miga son de menor tamaño pero más uniformes. En cuanto al color en la corteza y la miga, la miga de los panes elaborados a partir de la premezcla formulada con harina de garbanzos germinados presenta una menor luminosidad y colores más cercanos al rojo. 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.

PALABRAS CLAVE: Gluten, TACC, Legumbre, Alérgeno, Harinas alternativas.

ABSTRACT

There are a large number of foods with allergenic potential, of which only eight causes approximately 90% of reactions: milk, eggs, fish, shellfish, peanuts, soy, wheat and nuts (walnuts, hazelnuts, almonds, etc.).

Ingesting allergenic substances, even in a few quantities, can trigger reactions in sensitive people that can be mild or serious.

The development of allergen-free products with additional nutritional contributions, through the use of non-traditional ingredients, continues to be an area that promises broad development and commercial and palliative perspectives for the deficiencies presented by the available products.

The aim of this work is the development of a premix for the production of bread completely free of allergens with a high content of proteins of plant origin; thus incorporating alternative ingredients to obtain foods with improved nutritional characteristics. Additionally, in order to seek to improve the baking quality of the flour mixture used, the use of sprouted chickpea flour was tested, since they are a source of α -amylases, which are essential to promote the subsequent fermentation process.

Germination, dehydration and grinding of chickpeas were carried out to obtain flour. Two premixes were prepared with the same formulation, replacing chickpea flour in one of them with sprouted chickpea flour. The premixes were sent to an external laboratory for the development of a nutritional report. Subsequently, nutritional information for the study premix was developed and compared with the nutritional information declared by commercial premixes.

The most notable differences between the formulated premix and the commercial ones are found in the protein and dietary fiber content, achieving, in some cases, doubling and even six-folding their amount. This shows that the incorporation of pea protein and chickpea flour has improved the protein intake and that the addition of phyllum and golden flax flour has increased the dietary fiber intake.

Subsequently, the breads were made from the two premixes. The following parameters were evaluated in the breads: crust and crumb color, specific and alveolar volume.

No significant differences were found in parameters such as specific and alveolar volume, although for the latter, from observing the photographs it is possible to notice that in the case of bread made from the premix formulated with sprouted chickpea flour, the alveolar developed in the crumb they are smaller but more uniform. Regarding the color of the crust and the crumb, the crumb of the breads made from the premix formulated with sprouted chickpea flour has a lower luminosity and colors closer to red. In the case of measuring the color of the crust of the prepared breads, the statistical analysis of the data does not show significant differences for any of the coordinates.

KEYWORDS: Gluten, TACC, Legume, Allergen, Alternative flours.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por haberme regalado el privilegio de estudiar y por haberme educado con el ejemplo del esfuerzo y la perseverancia. Gracias por ser impulso y motor para finalizar mis estudios.

A Ezequiel, mi compañero de vida, por su amor y apoyo incondicional en cada objetivo que me propongo.

A mi directora de tesis, Dra. Lic. Brom. Cecilia M. Fusari Gómez, por haber confiado en mí. Gracias por ser guía durante este trabajo, por tus cálidas palabras y por ser impulsora de este logro en mi vida.

A mi Co-directora, Dra. Lic. Brom. Daniela Ana Locatelli, por su colaboración durante la realización de este trabajo y por su predisposición al acompañarme en este camino de una manera tan amorosa.

A las amigas de la vida, por su amor y alegría genuina, en cada uno de mis logros.

A mi abuela Lita, por enseñarme que nunca es tarde.

A mi abuela Perla, porque sé del orgullo que hubiese sentido.

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
ÍNDICE	6
MARCO TEÓRICO	9
TRIGO: VENTAJA TECNOLÓGICA Y SU REEMPLAZO EN PRODUCTOS SIN TACC	12
PREMEZCLAS PANADERAS	13
INGREDIENTES PRINCIPALES PARA LA ELABORACIÓN DE PREMEZCLA SIN TACC ENRIQUECIDA EN PROTEÍNAS DE ORIGEN VEGETAL	14
GARBANZO – HARINA DE GARBANZO (<i>Cicer Arietinum L.</i>).....	14
HARINA DE SORGO (<i>Sorghum caffrorum</i>).....	15
HARINA DE ARROZ (<i>Oriza sativa L.</i>).....	15
ALMIDÓN DE MAIZ (<i>Zea mais</i>)	16
LINO (<i>Linum usitatissimum</i>)	16
CHÍA (<i>Salvia hispánica L.</i>)	16
PROTEÍNA DE ARVEJA.....	17
GOMA XÁNTICA	18
PSYLLIUM (<i>Plantago psyllium L</i>)	18
LEVADURA.....	18
POLVO DE HORNEAR	19
HIPÓTESIS.....	20
OBJETIVOS.....	20
OBJETIVO GENERAL:	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
FORMULACIÓN DE LA PREMEZCLA	22
OBTENCIÓN DE HARINA DE GARBANZOS	23
DESINFECCIÓN	24
HIDRATACIÓN	24
GERMINACIÓN	25
DESHIDRATACIÓN.....	26

MOLIENDA	27
CERNIDO DE HARINA	28
ELABORACIÓN DE LAS PREMEZCLAS.....	29
ELABORACIÓN DE LOS PANES	30
BATIDO.....	31
MOLDEO Y LEUDADO	31
COCCIÓN	32
ENFRIADO Y DESMOLDADO	32
ANÁLISIS REALIZADOS	33
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LAS HARINAS DE GARBANZO	33
ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LAS PREMEZCLAS.....	33
ANÁLISIS DE LOS PANES ELABORADOS.....	33
ROTULADO NUTRICIONAL.....	35
ETIQUETA DE PRODUCTO.....	35
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.....	35
RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA PREMEZCLA.....	37
ANÁLISIS COMPARATIVO DE COMPOSICIÓN DE LAS PREMEZCLAS FORMULADAS	37
ROTULADO NUTRICIONAL DE LA PREMEZCLA FORMULADA CON HARINA DE GARBANZOS GERMINADOS	38
ETIQUETA MODELO DEL PRODUCTO DESARROLLADO	39
ANÁLISIS COMPARATIVO DE COMPOSICIÓN NUTRICIONAL ENTRE LA PREMEZCLA FORMULADA Y PREMEZCLAS COMERCIALES.....	39
ANÁLISIS DE LOS PANES ELABORADOS.....	41
MEDICIÓN DE COLOR DE CORTEZA Y MIGA.....	41
MEDICIÓN DE VOLUMEN ESPECÍFICO	43
MEDICIÓN DE VOLUMEN ALVEOLAR	44
CONCLUSIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	52

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

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. Según la Asociación Argentina de Alergia e Inmunología Clínica (AAAeIC), en las últimas décadas, estas patologías se han convertido en uno de los principales problemas sanitarios de la mayoría de los países. Los factores ambientales, el estilo de vida y la alimentación, entre otros, están implicados en este preocupante incremento de las alergias. En la actualidad más de 400 millones de personas en todo el mundo padecen algún tipo de enfermedad alérgica y según datos predictivos de la Organización Mundial de la Alergia, se estima que para el año 2050 la mitad de la población estará afectada (AAAeIC, 2019).

La alergia alimentaria, en particular, es una respuesta inmune del organismo cuando entra en contacto con un alérgeno alimentario. Para la Asociación Argentina de Alergia e Inmunología Clínica, las alergias alimentarias, que suponen el cuatro por ciento del total de las consultas de alergia, se han incrementado notoriamente en los últimos años (AAAeIC, 2019).

La ingesta de sustancias alérgicas, 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: en la piel, en el aparato digestivo, en el aparato 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 del paciente si no se trata de forma rápida y adecuada (Ministerio de Salud, 2017).

En la República Argentina se ha registrado un aumento de las alergias a determinados alimentos, pero todavía no se cuenta con datos estadísticos oficiales. En una reciente encuesta se ha determinado que aproximadamente un 5% de los argentinos adultos considera ser alérgico a algún alimento. Dentro de este porcentaje se encuentran aquellas personas que tienen una percepción sobre el problema, pero que nunca han sido diagnosticados por un profesional. Aproximadamente solo el 2,5% de los adultos han sido diagnosticados por un médico (Fundación Nuevas Generaciones, 2023).

Existe un gran número de alimentos con potencial alergénico, sin embargo, sólo ocho son los que provocan aproximadamente el 90% de las reacciones. A este grupo se los conoce como los “grandes 8”, y son: leche, huevo, pescados, mariscos, maní, soja, trigo y frutos secos (nueces, avellanas, almendras, etc.) Teniendo en cuenta que, hasta el momento, no existe cura para estas alergias, la única manera eficaz de prevenirlas es eliminar los alimentos con potencial alergénico de la dieta de las personas sensibles (Ministerio de Salud, 2017).

Dentro de las alergias alimentarias, en este trabajo nos centraremos en la celiaquía y la intolerancia a la lactosa.

La celiaquía es una intolerancia permanente a las proteínas del trigo, avena, cebada y centeno (TACC), comúnmente agrupadas bajo la denominación de gluten, que afecta a las personas con cierta predisposición genética. Esta condición puede aparecer en cualquier momento de la vida, desde que se incorpora gluten a la alimentación hasta la adultez avanzada. En Argentina, se estima que 1 de cada 167 personas adultas son celíacas, mientras que en la niñez la prevalencia es aún mayor (1 de cada 79). Estudios sugieren que la prevalencia de la enfermedad, diagnosticada y silente, podría ser mucho más frecuente de lo anteriormente especulado, 1 de 100 a 300 personas. La enfermedad es más predominante en mujeres presentando una relación mujer para varón de 2:1 (Ministerio de Salud, 2020).

Según la Sociedad Argentina de Gastroenterología, el cuadro clínico es muy variable y va desde formas clínicas sintomáticas a formas totalmente asintomáticas. En la actualidad, el único tratamiento efectivo para esta patología alimentaria es mantener una alimentación libre de gluten de por vida (Sociedad Argentina de Gastroenterología, 2024).

El gluten está contenido en algunos de los cereales que forman parte de la alimentación diaria de un individuo. Los cereales son las semillas o granos de las plantas gramíneas (trigo, arroz, maíz, avena, cebada, centeno). Éstos deben ser constituyentes de la ingesta diaria de cualquier persona, ya que contienen hidratos de carbono complejos que cumplen funciones esenciales en el organismo siendo la principal fuente energética, lo que evita que no se utilicen proteínas para esta función y además permiten la regulación del metabolismo de las grasas. Para la realización de una dieta libre de gluten, se deben reemplazar aquellos cereales que contienen gluten por otros que no lo contienen (Ce.Di.Ce, 2017).

La legislación de nuestro país, el Código Alimentario Argentino (CAA), define en el artículo 1383 a un alimento libre de gluten (ALG) como *“aquel alimento preparado únicamente con ingredientes que, por su origen natural y por la aplicación de buenas prácticas de elaboración, no contiene prolaminas y glutelinas procedentes del trigo, de todas las especies de Triticum, como la escaña común (Triticum spelta L.), kamut (Triticum polonicum L.), de trigo duro, centeno, cebada, avena ni de sus variedades cruzadas”*. También define un *“límite máximo de tolerancia de 10 mg de gluten por kg de alimento, para asegurar que la salud de las personas celíacas no se vea afectada”*.

Las Autoridades Sanitarias evalúan y autorizan a los alimentos industrializados para su comercialización como libre de gluten. Por su parte, la ANMAT publica el Listado Integrado de alimentos libres de gluten (ALG), herramienta de consulta pública y gratuita que consolida la información acerca de todos los ALG autorizados para su comercialización en el territorio argentino. La cantidad y variedad de ALG en dicho listado se ha incrementado sustancialmente en los últimos 10 años, aumentando de 1.663 productos a los más de 21.000 que pueden encontrarse en la actualidad (Ministerio de Salud, 2013).

Actualmente en el mercado existe una amplia variedad de ALG que reemplazan esta proteína por otras de origen animal tales como huevo o leche. Pero como se mencionó anteriormente, además del gluten, la lactosa es un alérgeno de especial importancia en Argentina.

Los individuos intolerantes a la lactosa, padecen síntomas originados por la mala digestión y mala absorción de lactosa. El cuadro clínico puede aparecer entre los 30 minutos y las 2 horas posteriores a la ingesta, y se caracteriza por diarrea provocada por la presencia de lactosa en la luz intestinal, que genera presión osmótica que atrae agua a la luz intestinal, con heces blandas a líquidas, y tránsito acelerado. La fermentación genera gases que causan distensión y dolor abdominal, cólicos y/o sensación de plenitud postprandial, eructos, náuseas y deposiciones ácidas que se acompañan de eritema perianal (Toca y col, 2022).

Las normas para designar los productos alimenticios sin lactosa y con lactosa reducida varían de un país a otro. El Código Alimentario Argentino (CAA), define en los artículos 1372 y 1372 bis a *“un alimento de Contenido Bajo en Lactosa y de Contenido Reducido en Lactosa, como aquellos alimentos cuyo valor dietario resulta de la restricción de los ingredientes que contienen lactosa, la separación de la lactosa del alimento, la descomposición de la lactosa, o una combinación de éstos u otros procesos tecnológicos adecuados, mientras que define como Alimento Libre de Lactosa, o Sin Lactosa, o Deslactosado, o Cero Lactosa, ó 0% Lactosa, a aquellos alimentos cuyo valor dietario especial resulta de la separación de la lactosa del alimento, la descomposición de la lactosa, o una combinación de éstos u otros procesos tecnológicos adecuados”*.

Cuidar la dieta sin estos alérgenos, no es lo único importante para tratar la enfermedad celíaca o intolerancia al gluten, ya que llevar una alimentación desequilibrada con mayor presencia de productos manufacturados puede hacer daño a la salud. Muchos de los productos comerciales que no contienen gluten, contienen grasas y azúcares para mejorar su sabor, lo cual si se consumen en exceso puede llevar a un aumento de peso (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 ALG en comercios de la ciudad de Santa Fe, el contenido de energía, grasas totales y grasas saturadas era superior en los alimentos "Sin TACC", mientras que el contenido de fibra dietética fue inferior. También se observaron variaciones importantes en las cantidades de sodio de los diferentes productos (Cúneo y *col*, 2012).

Otro de los puntos considerados por este estudio fue la calidad nutricional de los alimentos "Sin TACC". Muchos estudios postulan que estos son deficitarios en vitaminas del complejo B, calcio, vitamina D, hierro, zinc, magnesio y fibra dietética, mientras que tienen mayores cantidades de energía, grasas totales y saturadas, y en algunos casos azúcares simples y proteínas de origen animal. En la mayoría de los productos "Sin TACC" que se analizaron, se observó que la cantidad de energía, grasas totales y grasas saturadas fue mayor a las cantidades presentes en alimentos equivalentes y que en relación con los aportes de fibra dietética los alimentos "Sin TACC" poseían, en todos los casos, cantidades inferiores a sus equivalentes regulares. Es posible inferir, a través de los ingredientes declarados en estos productos "Sin TACC", que existen diferencias en los tenores de hierro, ácido fólico y vitaminas del complejo B, relativas a la sustitución de la harina de trigo ya que, en nuestro país la harina de trigo debe ser enriquecida con esos nutrientes, mientras que los substitutos farináceos presentes en productos "Sin TACC" no poseen esa suplementación.

El desarrollo de productos libres de alérgenos con aportes nutritivos adicionales, además de versiones más equilibradas nutricionalmente, en relación a fibra, contenidos y calidad de grasas y calorías, factible a través de la inclusión de ingredientes no tradicionales, continúa siendo un área que promete amplio desarrollo y perspectivas comerciales y paliativas de las deficiencias que presentan los productos disponibles.

En el caso de las personas intolerantes a la lactosa, la situación es similar, debido a que la industria alimentaria usa derivados lácteos para la elaboración de muchos productos, por lo que deben prestar atención a la hora de comer determinados alimentos como salsas, cremas, embutidos, pan, etc.

Restringir de la dieta productos lácteos sin reemplazarlos correctamente puede llevar a una deficiencia de nutrientes y sobre todo de calcio y de vitamina D (Huertas y *col*, 2019).

Tradicionalmente, los productos de origen animal constituyen la principal fuente de proteínas, pero a nivel mundial, se observa una creciente producción de ingredientes y alimentos a base de proteínas vegetales como respuesta a las preferencias de los consumidores que no pueden consumir estos productos y la de aquellos que desean incursionar en alimentaciones de tipo vegetariana o vegana.

Los concentrados y aislados proteicos obtenidos a partir de algunas legumbres son una fuente alternativa de proteína baja en grasas saturadas, libre de alérgenos, lactosa y gluten, por lo que representan un potencial sustituto para personas con restricciones dietéticas y que deseen reemplazar fuentes proteicas de origen animal. Además, proveen fibra, antioxidantes y polifenoles (INTI, 2021).

Como se ha podido observar, llevar una alimentación libre de alérgenos, es todo un desafío. Esto debido principalmente a la calidad de los alimentos ofrecidos en la actualidad.

TRIGO: VENTAJA TECNOLÓGICA Y SU REEMPLAZO EN PRODUCTOS SIN TACC

Actualmente, el trigo es el cultivo más sembrado a nivel mundial, seguido por el maíz y el arroz. En Latinoamérica, el cultivo de trigo se extiende principalmente en la cuenca del Río de la Plata, incluyendo el centro-este de Argentina, Uruguay, el este de Paraguay y el sur de Brasil. Además, en Bolivia, el oeste de Perú, las elevaciones de Colombia, el noroeste de Brasil y México, también se siembran superficies significativas de trigo. Argentina es el principal productor de trigo en América, y más precisamente dentro de la provincia de Buenos Aires, el partido de Azul se encuentra en la subregión triguera IV, ésta se destaca por su productividad y por la buena calidad industrial de los granos que se obtienen (INTA, 2023).

En nuestro país, el principal uso de los granos de trigo es la elaboración de pan. La calidad panadera de los granos de trigo se asocia frecuentemente con los niveles de proteína en grano, la cantidad y calidad del gluten y las propiedades reológicas de la masa (INTA, 2023).

La ANMAT en su guía de recomendaciones para un menú libre de gluten seguro (2023), denomina al gluten como al conjunto de prolaminas y gluteninas presentes en cereales como el trigo, avena, cebada y centeno. Estas proteínas formadoras de gluten juegan un papel fundamental en la elaboración de productos de panificación debido a que, durante el proceso de amasado, se mezclan con agua y forman una red que le confiere elasticidad, extensibilidad y esponjosidad a las masas. En aquellos panificados que son sometidos a un proceso de leudado, el gluten le confiere la capacidad de retener gas y preparar productos horneados, aireados y livianos como panes, bizcochos y galletas.

Las masas y los batidos sin gluten poseen viscosidad y elasticidad diferentes de los que sí tienen, lo que dificulta su procesamiento en equipos concebidos para procesar masas con gluten. La composición nutricional de los productos libres de gluten también puede variar en comparación con los productos que lo tienen. Otro punto que se debe tomar en cuenta es que muchas veces se utilizan cantidades elevadas de grasas y azúcares para enmascarar sabores no agradables en los ALG. Así, muchos alimentos horneados libres de gluten se encuentran disponibles en el mercado, pero encontrar uno de adecuada calidad nutricional, sigue siendo una de las cuestiones más importantes para personas intolerantes que desean adherirse completamente a una dieta libre de gluten adecuada nutricionalmente (Villanueva, 2017).

Por lo mencionado, elaborar panificados sin el aporte de las propiedades del gluten representa todo un desafío para la industria alimentaria.

Según Sciarini y *col.* (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. Esto significa que la tecnología y la metodología empleadas a la hora de obtener panes libres de gluten son distintas que las utilizadas en el proceso de panificación convencional. Las amasadoras son, en general, reemplazadas por batidoras. La mezcla resultante se coloca en moldes y se somete a una fermentación que oscila entre los 60 y 75 minutos, y luego son horneadas por tiempos relativamente más largos, debido a la presencia de 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, emulsificantes, proteínas sin gluten, prebióticos y las propiedades espumantes y

emulsionantes de las proteínas del huevo, para mejorar su estructura, sabor, aceptabilidad y tiempo de vida útil, como así también modificaciones en la metodología de elaboración (Melo, 2018).

Con lo mencionado, queda claro que el desarrollo de productos “Sin TACC” y sin el uso de ingredientes con potencial alérgico, continúa siendo un área de vacancia para la industria y que presenta altas perspectivas comerciales y paliativas de las deficiencias que presentan los productos disponibles.

PREMEZCLAS PANADERAS

En los últimos años aparecieron en el mercado nuevos productos derivados de la harina, con mayor valor agregado, destinados al panadero. Tal es el caso de las harinas premezclas, que consisten en una mezcla de harina con otros ingredientes necesarios para la panificación. Estos productos tienen varias ventajas para el panadero que los utiliza, entre ellos, le permiten diferenciarse del resto de los competidores ofreciendo una amplia gama de productos especiales, logran 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 y control de stock y se obtiene un mayor rendimiento de la harina al utilizar ingredientes específicos para cada uno de los productos panificados. Estos aspectos mencionados impulsaron al lanzamiento por parte de algunos molinos a producir harinas destinadas a determinadas aplicaciones (sándwich, francés, viena, etc.). Las harinas premezcla para especialidades, incorporan enzimas y emulsionantes en su composición, como agentes de frescura de máxima efectividad. Ellos retardan drásticamente el proceso de envejecimiento y los productos elaborados exhiben a pesar del tiempo, una estructura blanda, esponjosa y suave al paladar. El aroma y el sabor se mantienen inalterados (Fuentes y col. 2002).

En el caso de las premezclas sin TACC de uso familiar, éstas son una mezcla de distintas harinas o féculas que sirven para realizar panificados o amasados (como reemplazo de la harina de trigo). Cada mezcla comercial tiene su propia composición y mezcla de harinas libres de gluten, pero las más comunes en utilizar son: la fécula de maíz, fécula de mandioca y harina de arroz, aunque en la actualidad encontramos una gran variedad de harinas sin TACC, el común de la gente desconoce su forma de uso. Además de la diversidad de composiciones, las premezclas cuentan con aditivos, emulsionantes (lecitina de soja) y estabilizantes (goma guar, agar-agar, goma xántica), necesarios para lograr una mezcla que pueda reunir las condiciones necesarias para formar una masa que sea panificable. Todas las harinas o féculas se comportan de manera diferente, tienen distintas características y texturas, absorben una variable proporción de líquidos, por las cuales no se pueden realizar las mismas recetas con todas las premezclas. En el mercado actual, existen una gran cantidad de mezclas para realizar diversos productos, como pan, pizza, ñoquis, masa de tartas, panqueques, chipa, bizcochuelo, budines, masas dulces o brownie. Cada una de estas mezclas es específica para la elaboración de algún alimento, y si se utilizan para otro fin, el resultado final no es el mismo, alterándose su textura, su calidad organoléptica y sensorial. Por lo cual la adquisición de estas harinas encarece aún más el presupuesto del consumidor. Cabe destacar que algunas personas optan por realizar sus propias mezclas de harinas, pero muchas veces deben hacer varios intentos hasta lograr alguna mezcla que se asemeje a las comerciales y que les brinde resultados satisfactorios a la hora de elaborar alimentos. Suelen utilizar las harinas más comunes como la de arroz o maíz, dejando de lado, como hemos visto, la gran variedad de harinas libres de gluten que existen (Higa y col. 2016).

La ventaja de elegir las premezclas comerciales que contienen aditivos alimentarios es que mejoran las propiedades del alimento, ofrecen extensión de la vida útil del alimento preparado al conservar su esponjosidad por más tiempo; mejoramiento de la textura; facilidad de

amasado gracias a los espesantes y estabilizantes; mejor almacenamiento y permiten al consumidor tener alimentos recién hechos de forma práctica, etc. La desventaja que tienen es que no suelen ser libres de alérgenos, siendo por tanto, no aptas para veganos, intolerantes lactosa o alérgicos a la leche de vaca y/o huevo.

La industria alimenticia se ha centrado, tradicionalmente, en conseguir que los productos panificados libres de gluten fuesen, en apariencia y desde el punto de vista sensorial, lo más parecidos posible a sus equivalentes con gluten. En este afán por mejorar su calidad sensorial, se descuidó la calidad nutricional de estos alimentos, que dista mucho de los basados en el trigo. En la actualidad, el objetivo consiste en suplir esa carencia nutricional y mejorar la calidad sensorial de los productos panificados aptos para celíacos (Ballesteros y col. 2018).

Para el desarrollo de este trabajo, se propuso la formulación de una premezcla para la elaboración de pan totalmente libre de alérgenos con elevado contenido de proteínas de origen vegetal; incorporando de esta manera ingredientes alternativos para la obtención de alimentos con características nutricionales mejoradas.

Adicionalmente, con el fin de buscar mejorar la calidad panadera de la mezcla de harinas utilizadas, se probó el uso de harina de garbanzos germinados, ya que por la bibliografía existente (Picca y col. 2021) se conoce que son fuente de α -amilasas, las cuales resultan esenciales para favorecer el proceso fermentativo posterior.

INGREDIENTES PRINCIPALES PARA LA ELABORACIÓN DE PREMEZCLA SIN TACC ENRIQUECIDA EN PROTEÍNAS DE ORIGEN VEGETAL

GARBANZO – HARINA DE GARBANZO (*Cicer Arietinum L.*)

El Código Alimentario Argentino, en el artículo 881, define con el nombre de garbanzo, a la semilla seca de *Cicer arietinum L* y en el artículo 692 establece con la denominación de Harina de garbanzos, “*al producto obtenido por la molienda de las semillas sanas y limpias del Cicer arietinum L. Su contenido en agua no será superior al 12% a 100°-105°C, la fibra bruta no mayor del 2,75% y las grasas no excederán del 6%*”.

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. Sus propiedades nutricionales, están determinadas por las condiciones de cultivo y la variedad. Por otra parte, las propiedades funcionales de la harina, el aislado y el concentrado proteico de garbanzo, se ven afectadas por los tratamientos a los que son sometidos para su obtención (Aguilar, 2017).

En un estudio realizado por Kohajdová y col. (2011), donde 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 manejo y ayudando a mantener la frescura del pan.

El proceso de germinación de los garbanzos les proporciona una mayor actividad de α -amilasas, las cuales resultan esenciales para favorecer el proceso fermentativo posterior (Franco, 2024).

La germinación de la semilla comprende una serie de procesos que comienza con la imbibición en agua y culmina con la emergencia de la radícula a través de las cubiertas. La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos que incluye la activación del proceso respiratorio, la síntesis proteica y la movilización de las reservas. Con la hidratación inicial de la semilla se activa el proceso respiratorio y con ello toda la maquinaria metabólica. Se induce la síntesis proteica que da lugar, entre otras proteínas, a la formación de enzimas hidrolíticas que producen la movilización de las reservas, como las α -amilasas, que están presentes en pequeñas cantidades en el grano sin germinar, pero su concentración aumenta rápidamente con la germinación (Picca y col., 2021).

La enzima α -amilasa es una glicoproteína que hidroliza los enlaces internos α (1,4) del almidón. Tradicionalmente fue utilizada en la industria alimenticia, en el procesamiento de alimentos, en la fabricación de cerveza, etc. y actualmente su espectro de aplicación se ha ampliado a la industria de productos químicos como detergentes, jabones, textiles, papel y productos farmacéuticos (Porfiri, 2012).

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. Una degradación excesiva da lugar a masas de consistencia blanda y pegajosa, de fermentación rápida; y a panes con miga húmeda y corteza fuertemente coloreada. Una degradación insuficiente no libera las adecuadas cantidades de azúcares simples para una producción de gas adecuada (Olmedo, sf).

HARINA DE SORGO (*Sorghum caffrorum*)

El Código Alimentario Argentino, en el artículo 663 bis, define con el nombre de harina de sorgo, *“al producto proveniente de la molienda del grano de sorgo previamente descascarado (perlado), debiendo presentar este último características de semilla sana, limpia, bien conservada, y provenir de cultivares que integren el grupo de sorgos graníferos (Sorghum caffrorum)”*.

El sorgo es 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 y col. 2018).

Es un cereal sin gluten con un alto nivel de almidón. Tiene mayor contenido de proteínas que el arroz, la papa y la yuca, además de compuestos bioactivos. A diferencia de la harina de maíz, el sorgo no presenta olor, lo cual es deseable para productos de panadería. Además de las dietas sin gluten, puede adaptarse a otras dietas específicas, como las de personas con diabetes, obesidad, sobrepeso o triglicéridos altos (Lacerda y col. 2022).

HARINA DE ARROZ (*Oriza sativa L.*)

El Código Alimentario Argentino, en el artículo 696, define con el nombre de harina de arroz, *“al producto de la molienda del grano limpio y sano, libre de sus envolturas celulósicas, del Oriza sativa L. en sus distintas variedades. Su contenido en agua no excederá del 12% a 100°-105°C, las grasas no mayores del 2% y la fibra bruta no superior al 2%”*.

Entre los cereales considerados aptos para ser consumidos por la población celíaca (maíz, arroz, sorgo) y que han sido objeto de estudios para intentar sustituir al trigo en la formulación de productos panificados, el arroz es el más utilizado. Esto es debido a que, por su carácter hipoalergénico, sabor insípido, bajo contenido en sodio y alto contenido de carbohidratos de fácil digestión, lo transforman en un cereal especialmente apropiado no sólo para preparar alimentos para celíacos, sino también para intervenir en dietas especiales y ser adecuado para el proceso fermentativo de las levaduras involucradas en la panificación (Sivaramakrishnan y col., 2004).

ALMIDÓN DE MAIZ (*Zea mais*)

El Código Alimentario Argentino, en el artículo 674, define con el nombre de Almidón o Fécula (según corresponda), *“a la materia orgánica que en forma de gránulos se encuentran en los corpúsculos especiales incluidos en el protoplasma de células vegetales en la etapa de la maduración. La denominación de almidón corresponderá a los gránulos que se encuentran en los órganos aéreos de las plantas, y la de fécula, a los que se encuentran en las partes subterráneas (raíces, tubérculos, rizomas)”*.

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, contenido de amilosa y amilopectina y propiedades reológicas. Estas características, contribuyen ampliamente en la toma de decisión para una próxima aplicación en las diferentes industrias, por ejemplo, en la industria de alimentos los almidones proveen una excelente textura y mayor viscosidad en los alimentos preparados, como sopas, salsas, tortas, etc. y como aglutinante en las harinas para pastel, masas, galletas, etc. También tienen aplicación como agente espesante, agente gelificante, agente coloidal, agente de retención de agua y adhesivos (Cáceres, 2009).

LINO (*Linum usitatissimum*)

El Código Alimentario Argentino, en el artículo 917, define al Lino como una semilla, cuyo nombre científico es *Linum usitatissimum*.

La semilla de lino tiene de 4 a 6 mm de longitud, es aplanada, de forma oval y con un extremo aguzado. La cubierta de la semilla es de apariencia suave y brillante, y su color puede variar entre marrón oscuro y amarillo claro. Es rica en compuestos que se cree, proporcionan beneficios a la salud humana como el ácido α -linolénico que, a través de su efecto anti hipercolesterolémico, anticarcinogénico, y controlador del metabolismo de la glucosa, pueden prevenir o reducir el riesgo de varias enfermedades importantes que incluyen la diabetes, el lupus, la nefritis, la aterosclerosis y cánceres dependientes de hormonas. Estos efectos, junto con su alto contenido de proteínas, hacen de la linaza un ingrediente alimentario muy atractivo y uno de los alimentos funcionales más importantes del siglo XXI. La semilla de linaza tiene potencial para ser usada para la extracción de gel y para la producción de harina rica en proteínas y fibra. Las propiedades tecnológicas del gel de lino se relacionan con su alta capacidad espesante, espumante, de hinchamiento, de ligazón y emulsificante. La harina de lino tiene agradables características sensoriales como sabor a nuez, color dorado y buena textura que la hacen atractiva como ingrediente de diversos alimentos (Figuerola y col. 2008).

CHÍA (*Salvia hispánica L.*)

El Código Alimentario Argentino, en el artículo 918, define como semillas de chía a *“las semillas sanas, limpias y bien conservadas de Salvia hispánica L”*. Además, establece que deben cumplir con las siguientes especificaciones: *“las semillas de chía, que respondan a la especie mencionada, serán de color marrón oscuro, de tamaño muy pequeño y de buena fluidez. El aroma deberá ser suave, agradable y propio de la semilla”*.

La incorporación en la formulación, tiene por objetivo introducir un alimento funcional recomendado en las dietas por sus altos niveles de proteínas, antioxidantes, fibra dietética, vitaminas y minerales (calcio, potasio, magnesio, fósforo, selenio, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, sodio y zinc), pero sobre todo a su alto contenido de aceite omega 3 en comparación con otras fuentes naturales conocidas hasta la fecha. Además, es fuente de aceite con altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados y compuestos fenólicos lo que ha incrementado su producción, consumo y demanda en los últimos años (López y col., 2017).

El mucílago o gel obtenido de la fibra soluble contenida en la semilla, es fuente de hidrocoloides con propiedades de retención de agua, emulsionante, espesante, estabilizador, y es soluble en agua caliente y fría (Villa y col. 2020).

La incorporación de semillas de chía en panificación, aumenta el valor nutritivo del producto debido a la proporción de ácidos grasos omega y fibra dietética proporcionados por estas, sin alterar las características reológicas del pan y cambiando solo el color de la miga, 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 y col. 2013).

PROTEÍNA DE ARVEJA

El aumento constante de la población mundial ha fomentado la búsqueda de fuentes proteicas vegetales alternativas a las proteínas animales. Históricamente, la proteína de soja representa la principal fuente de proteína vegetal debido a su alto contenido proteico en comparación con el resto de las fuentes vegetales. No obstante, las legumbres como porotos, lentejas, garbanzos y arvejas vuelven lentamente al foco de la investigación. Este resurgimiento hace interesante el uso de sus productos proteicos como ingredientes innovadores para la industria alimentaria, principalmente garantizando una alimentación suficiente y sostenible para los vegetarianos, veganos y celíacos (Esposito y col. 2021).

Las legumbres reemergentes, como lentejas, porotos y arvejas, son también ricas en almidón, vitaminas y minerales. La composición de los granos varía, dependiendo del genotipo y de los factores ambientales; por ejemplo, el contenido total de proteínas de las arvejas oscila entre 18 – 30% entre las diferentes variedades. Esta fracción proteica se compone, principalmente, de proteínas de almacenamiento o globulinas, que representan el 65 – 80 % de la proteína total, y respecto a la calidad proteica tienen niveles más altos de lisina, pero carecen de aminoácidos azufrados. Como aspecto negativo, las arvejas contienen una serie de compuestos antinutritivos como inhibidores de tripsina, lectinas y saponinas, que tienen un límite máximo admitido para el consumo humano. La producción de arvejas en Argentina se estima en más de 100.000 toneladas anuales, de las cuales más del 50% se destina a la exportación. Por tal motivo, el mejoramiento de arveja y el desarrollo de nuevas variedades ha sido un desafío para el INTA. Es por ello que desde 2014 se desarrolla un programa para tal fin, en convenio con la Facultad Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario (FCA UNR). Recientemente, en la EEA INTA Oliveros, se comenzaron los estudios para evaluar la calidad industrial de uno de los usos más frecuentes de las harinas de arvejas, que es la producción de concentrados y aislados proteicos, para así determinar la potencialidad de valorización de las mismas para la producción de productos proteicos (Esposito y col. 2021).

El uso de harina de arveja en panificación permite lograr un alimento más completo desde el punto de vista nutricional el cual podría ser de interés para destinarse a los grupos más vulnerables como ser niños, ancianos, embarazadas y personas de menores recursos; a las personas que adoptan una dieta de tipo vegetariana pura y a la población en general que actualmente posee mayor información en materia de nutrición y salud, por lo cual está atenta a los componentes de los alimentos que elige para consumo. Desde el punto de vista tecnológico, permite ofrecer un producto novedoso en el mercado elaborado a base de recursos existentes, accesibles y no tan utilizados en la región como la harina de arveja (Alasino, 2009).

GOMA XÁNTICA

El Código Alimentario Argentino define a la goma xántica como *“un polisacárido obtenido de la fermentación de azúcares por cepas de Xantomonas campestris, conteniendo restos de D-glucosa, D-manosa, ácido D-glucorónico preparado en forma de sales sódica, potásica y cálcica”*.

Debido a sus propiedades, la goma xántica es empleada como espesante, estabilizante y emulsificante o como medio de suspensión debido a su alto valor de rendimiento para desarrollar productos de panadería y rellenos (sin gluten o ricos en proteínas), postres y productos lácteos, pasteles, estabilizar emulsiones (principalmente aceite/agua) y mejorar la estabilidad de la masa congelada. También puede ayudar a prolongar la vida útil del producto de panadería debido a la inhibición de la interacción gluten-almidón y la menor pérdida de humedad de la miga (Guarda y col., 2004).

PSYLLIUM (*Plantago psyllium* L)

El psyllium es un término utilizado para nombrar a la corteza, la semilla y toda la planta de una hierba anual perteneciente a la familia *Plantaginaceae* (*Plantago psyllium* L.) con casi 200 especies en todo el mundo. La harina obtenida a través de la cáscara es un material fibroso, de color claro e hidrófilo que a través de la absorción de agua forma un gel transparente, incoloro y mucilaginoso con aumento del volumen en diez veces o más (Al-Assaf y col., 2003).

La cáscara del psyllium es la piel más externa de la semilla que se elimina mediante un proceso mecánico con recuperación total de alrededor del 25 al 26%, tiendo una vida útil de solo 6 meses en condiciones de almacenamiento ordinarias y tradicionales (Verma y col., 2013).

Las propiedades de gelificación de los polisacáridos convierten el psyllium en un producto de múltiples aplicaciones en campos como en las industrias farmacéutica y alimentaria (Centeno, 2019).

El conocimiento de las propiedades fisicoquímicas del psyllium es demasiado escaso para explicar su comportamiento en los sistemas acuosos y en el mecanismo de construcción del gel, la creciente demanda de investigaciones en este campo permitirá lograr una comprensión adecuada de cómo usarlo de manera eficiente (Guo y col., 2008; 2010).

LEVADURA

El Código Alimentario Argentino, en el artículo 1255, define a la Levadura como *“el producto constituido a base de hongos microscópicos (*Saccharomyces* sp.). Pueden tener diferentes orígenes: obtenerse de la fabricación de cerveza, vino, sidra, etc. u obtenerse especialmente en establecimientos destinados a ese fin, donde se cultiva en mostos especiales. Puede presentarse en varias formas: prensada, seca, para panificación, etc.”*.

El uso principal de la levadura en la formulación es colaborar con el proceso de fermentación del producto final.

POLVO DE HORNEAR

El Código Alimentario Argentino, en el artículo 1259, define como *“Polvos de o para panadería, Polvos para pastelería, Levadura química, Polvos para hornear, a las preparaciones destinadas a producir el levantamiento de la masa elaborada con harina, agua, leche u otras sustancias agregadas, ya sea por la sola acción del calor o la de ésta y la acción recíproca de sus componentes debido al desprendimiento gaseoso. Las mezclas de las preparaciones estarán constituidas por: a) Bicarbonato de sodio o bicarbonato de amonio o sus mezclas. b) Tartrato ácido de potasio o fosfato ácido de calcio o pirofosfato de sodio o fosfato ácido de sodio y aluminio o sus mezclas. En reemplazo parcial o total de las sustancias mencionadas en b) podrá utilizarse ácidos: cítrico, tartárico, málico, fumárico o sus mezclas y las que a ese mismo efecto apruebe la autoridad sanitaria nacional. Deberán responder a las siguientes condiciones: 1. Se presentarán en forma de polvo muy fino y homogéneo. 2. Serán de color blanco uniforme. 3. Por adición de agua, deberán desprender no menos de 10,0% en peso de anhídrido carbónico. 4. No deberán contener ninguna sustancia que, por hidratación y calor en las condiciones normales de uso, produzca anhídrido sulfuroso. A los fines de la normatización para cumplimentar las exigencias establecidas precedentemente, podrán utilizarse las siguientes sustancias diluyentes: Sulfato de calcio, Silicato de calcio, Almidón, Féculas, Harinas, Sulfato de sodio y aluminio y en este caso llevarán la proporción correspondiente de fosfato de calcio”*.

El uso principal de este producto en la formulación es colaborar con la levadura para lograr el leudado del producto final.

HIPÓTESIS

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.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Elaborar una premezcla para la obtención de pan libre de alérgenos con alto contenido de proteínas de origen vegetal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Formular una premezcla para obtención de pan libre de alérgenos.
2. Germinar granos de garbanzos en condiciones controladas.
3. Obtener una harina a partir de los granos germinados.
4. Elaborar el pan a partir de la premezcla formulada y a partir de la premezcla en cuya formulación se utiliza harina de garbanzos germinados.
5. Evaluar las características físico-químicas de ambos panes.
6. Realizar los análisis de composición nutricional de la premezcla para elaborar pan.
7. Confeccionar el rótulo nutricional del producto y diseñar la etiqueta del envase que lo contendrá.

CAPÍTULO 2:

MATERIALES Y

MÉTODOS

MATERIALES Y MÉTODOS

FORMULACIÓN DE LA PREMEZCLA

La formulación definitiva de la premezcla para elaboración de pan se logró a través de ensayos previos de prueba y error, hasta lograr la fórmula deseada, a la cual se le realizó una evaluación de sus características organolépticas no formal. A continuación, se detalla el listado de ingredientes y el porcentaje de cada uno de ellos

TABLA 1. FÓRMULA PARA LA OBTENCIÓN DE LA PREMEZCLA

Ingrediente	Porcentaje (%) m/m
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
Phyllium	2,48
Goma xántica	1,29
Azúcar	1,29
Polvo de hornear	1,29
Levadura instantánea	0,99
Sal	0,66

OBTENCIÓN DE HARINA DE GARBANZOS

La cantidad inicial de garbanzos se dividió en dos partes iguales. Una de ellas se sometió al proceso de germinación. Se realizaron ensayos de germinación, secado y molienda de los granos con el fin de optimizar su proceso de obtención.

La otra porción de garbanzos sólo se sometió al proceso de molienda y cernido. De esta manera es como se obtuvieron las dos harinas a estudiar.

Las etapas llevadas a cabo para la obtención de ambas harinas de garbanzos fueron las siguientes:

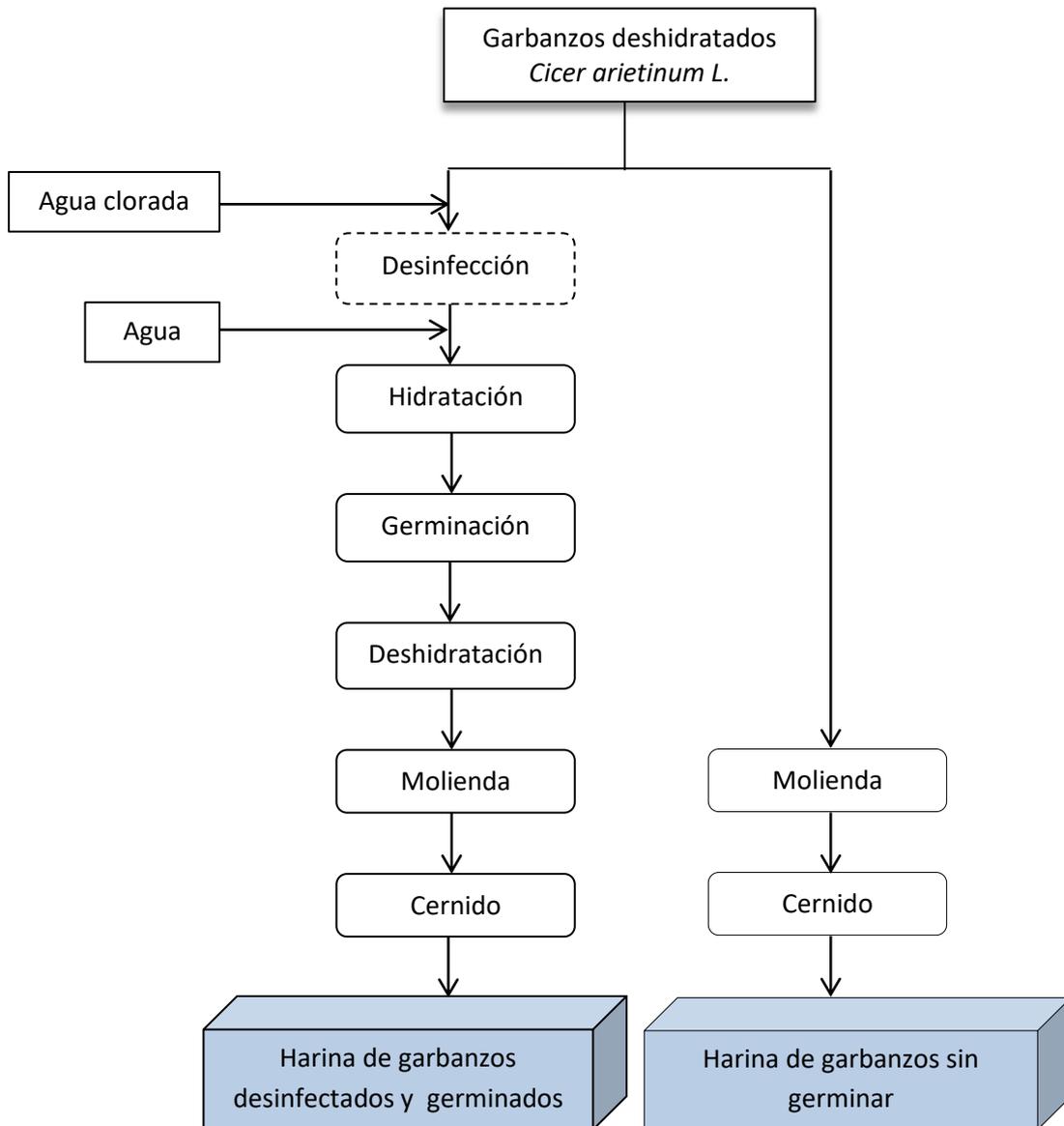


FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACIÓN DE LAS HARINAS DE GARBANZOS

DESINFECCIÓN

La porción de muestra que se desinfectó se puso en remojo durante una hora en 1 litro de agua con 1mL de hipoclorito de sodio. Contenido estimado de cloro activo: 0,035g Cl/l



FIGURA 2. MUESTRA DE GARBANZOS EN DESINFECCIÓN. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA.

HIDRATACIÓN

Una vez desinfectados, los garbanzos se colocaron dentro de un Erlenmeyer con agua limpia hasta cubrirlos. El Erlenmeyer se dejó durante 24 horas sobre un agitador magnético a 100 rpm para favorecer el proceso de imbibición de los granos.

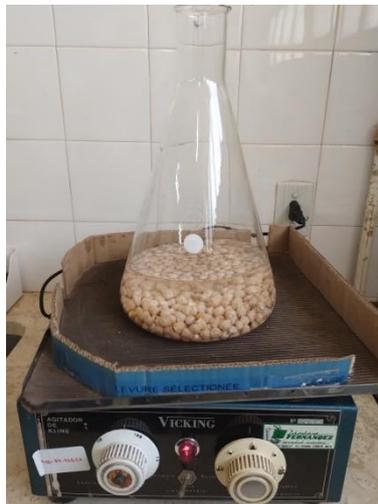


FIGURA 3. MUESTRA DE GARBANZOS EN AGITACIÓN DURANTE EL PROCESO DE HIDRATACIÓN. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

GERMINACIÓN

Una vez transcurridas las 24 de horas de hidratación, los garbanzos se distribuyeron en bandejas plásticas descartables con papel tipo *tissue* húmedo y se colocaron dentro de bolsas “ziploc” para evitar la pérdida de humedad. Se rociaron con agua para favorecer un ambiente húmedo y se monitorearon diariamente hasta observar la emergencia de la radícula a través de la cubierta. Las bandejas permanecieron durante 4 días a una temperatura de entre 20 a 25°C.



FIGURA 4. MUESTRA DE GARBANZOS EN GERMINACIÓN. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA



FIGURA 5. GARBANZOS GERMINADOS. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

DESHIDRATACIÓN

El secado de los garbanzos se realizó en un equipo deshidratador, el cual consta de un sistema de calefacción por aire forzado, basado en la circulación de aire caliente ascendente permitiendo así, secar el material en forma semicontinua. Posee 6 bandejas perforadas, que se enciman una sobre la otra, finalizando con una tapa en la bandeja superior. Posee un panel de control frontal que permite programar el tiempo y la temperatura requerida para el proceso.

Se distribuyeron los garbanzos germinados de manera uniforme sobre las bandejas y se deshidrataron a una temperatura de 40°C durante tres ciclos de 10 horas.



FIGURA 6. HORNO DESHIDRATADOR DE PEQUEÑA ESCALA. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA



FIGURA 7. MUESTRA DE GARBANZOS GERMINADOS ANTES DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA



FIGURA 8. MUESTRA DE GARBANZOS GERMINADOS LUEGO DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

El punto final del procedimiento de secado se realizó determinando el porcentaje de humedad en una muestra de garbanzos molidos.



FIGURA 9. GARBANZOS GERMINADOS SECOS. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

MOLIENDA

La muestra de garbanzos germinados y deshidratados y la muestra de garbanzos sin germinar se molieron en un molinillo eléctrico marca Moulinex que con sus cuchillas de acero inoxidable permitieron moler los granos hasta obtener un polvo homogéneo y fino.



FIGURA 10. MOLINILLO DE PEQUEÑA ESCALA. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA



FIGURA 11. OBTENCIÓN DE HARINA DE GARBANZOS. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

CERNIDO DE HARINA

Las harinas de garbanzos obtenidas, se pasaron por cernidores para obtener un producto fino y homogéneo.



FIGURA 12: CERNIDORES UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE GARBANZOS.
FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA



FIGURA 13. HARINAS DE GARBANZOS OBTENIDAS.
FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

ELABORACIÓN DE LAS PREMEZCLAS

Para la elaboración de la premezcla, se pesaron cada uno de los ingredientes de acuerdo a la proporción de la fórmula antes descrita y se mezclaron para obtener un producto homogéneo.

El proceso se llevó a cabo por duplicado para cada formulación. Una formulación con harina de garbanzos desinfectados y germinados y otra formulación con harina de garbanzos sin germinar, de manera de poder comparar los resultados obtenidos en el producto final elaborado



FIGURA 14. PESAJE DE INGREDIENTES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PREMEZCLAS. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

ELABORACIÓN DE LOS PANES

Para poder comparar las características reológicas y de leudado del producto final, se realizó la elaboración del pan a partir de las dos premezclas elaboradas. Para esto fue necesario incorporar agua y aceite en la siguiente proporción

TABLA 2. FÓRMULA PARA LA OBTENCIÓN DE PAN A PARTIR DE LA PREMEZCLA FORMULADA

Ingrediente	Porcentaje (%) m/m
Agua	49,7
Premezcla	41,6
Aceite	6,7

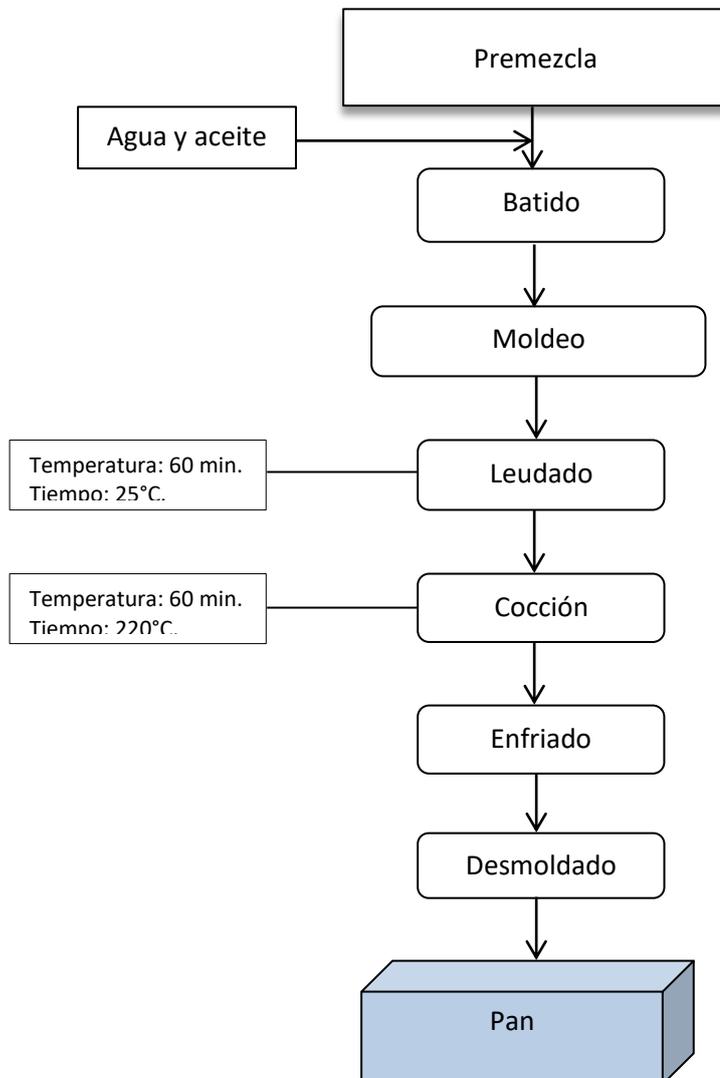


FIGURA 15. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DE PAN A PARTIR DE LA PREMEZCLA DESARROLLADA

BATIDO

Mediante el uso de una batidora planetaria marca Philips serie 7000, se realizó el proceso de amasado. Para ello se combinó la premezcla, el agua y el aceite. Se batió durante 3 minutos a velocidad 3 y durante 10 minutos a velocidad 10 hasta lograr el ligue de la mezcla. Este proceso se realizó con las dos premezclas probadas.



FIGURA 16. ETAPA DE BATIDO. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

MOLDEO Y LEUDADO

Posteriormente se dividió cada batido en dos moldes de acero inoxidable apto para horno con una capacidad de 250g y se dejaron leudar durante 1 hora a temperatura ambiente.



FIGURA 17. PANES DURANTE EL PROCESO DE LEUDADO. LOS PANES DE LA IZQUIERDA CORRESPONDEN A LOS ELABORADOS A PARTIR DE LA PREMEZCLA CON HARINA DE GARBANZOS GERMINADOS. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

COCCIÓN

Finalmente, los cuatro panes se cocinaron en horno eléctrico durante 45 minutos a 220°C con calor de arriba y de abajo, y luego 15 minutos más, sólo con calor de abajo. Las temperaturas y el tiempo de cocción se definieron a partir de pruebas preliminares, hasta obtener los parámetros necesarios para una cocción uniforme.



FIGURA 18. PANES DESPUES DEL PROCESO DE COCCIÓN

ENFRIADO Y DESMOLDADO

Una vez que los panes se enfriaron a temperatura ambiente, se procedió a desmoldarlos y dejarlos orear.



FIGURA 19. PRODUCTO FINAL OBTENIDO. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

ANÁLISIS REALIZADOS

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LAS HARINAS DE GARBANZO

El control del contenido de humedad de ambas harinas se realizó con una balanza de rayos infrarrojos, la cual cuenta con un platillo para la colocación y pesado de la muestra. Al encender la luz infrarroja, por un proceso de calentamiento la muestra va perdiendo gradualmente su humedad y por lo tanto su peso disminuye. La escala del equipo permite realizar una lectura directa del contenido de humedad.



FIGURA 20. EQUIPO DE MEDICIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LAS PREMEZCLAS

Cuatro muestras fueron sometidas a análisis nutricional, dos muestras de la premezcla elaborada con harina de garbanzos germinados y dos muestras de la premezcla elaborada con harina de garbanzos sin germinar. Los análisis los desarrolló el laboratorio de Fitoquímicos IADIZA-CONICET, ubicado en Avenida Ruiz Leal s/n, Parque General San Martín, Mendoza. Las muestras, se entregaron en bolsas herméticas “ziploc” identificadas con números. El laboratorio, determinó el contenido de humedad y cenizas totales por gravimetría, proteínas por método Kjeldahl, grasas totales por método Soxhlet, fibra alimentaria por gravimetría, sodio por fotometría de llama, azúcar invertido por volumetría, hidratos de carbono y valor energético por cálculo.

ANÁLISIS DE LOS PANES ELABORADOS

MEDICIÓN DE VOLUMEN ESPECÍFICO

Para la medición de volumen específico se utilizó la técnica descrita por Lacerda y col. (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.

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



FIGURA 21. MEDICIÓN DE VOLUMEN ESPECÍFICO. FUENTE: FOTOGRAFÍA PROPIA

MEDICIÓN DE 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 y *col.* (2020) utilizando un campo de visión de 1180 × 1180 píxeles (2,5 cm de ancho x 2,5 cm de alto).



FIGURA 22. FOTOGRAFÍA DE RECORTES DE PAN ELABORADO CON PREMEZCLA FORMULADA CON HARINA DE GARBANZOS SIN GERMINAR. FOTOGRAFÍA PROPIA



FIGURA 23. FOTOGRAFÍA DE RECORTES DE PAN ELABORADO CON PREMEZCLA FORMULADA CON HARINA DE GARBANZOS GERMINADOS. FOTOGRAFÍA PROPIA

MEDICIÓN DE COLOR

La medición de color de la corteza y de la miga de los panes elaborados fue evaluado a través del sistema CIELAB (Comisión Internacionale d'Eclairage de Francia), para lo cual se llevó a cabo la determinación de luminosidad, claridad o brillo (L^*) en escala de 0 a 100 (negro a blanco) y los parámetros a^* y b^* . Siendo a^* la intensidad del color rojo (positivo) a verde azulado (negativo) y b^* la intensidad del amarillo (positivo) a azul (negativo) con un colorímetro Minolta modelo CR-400/410.

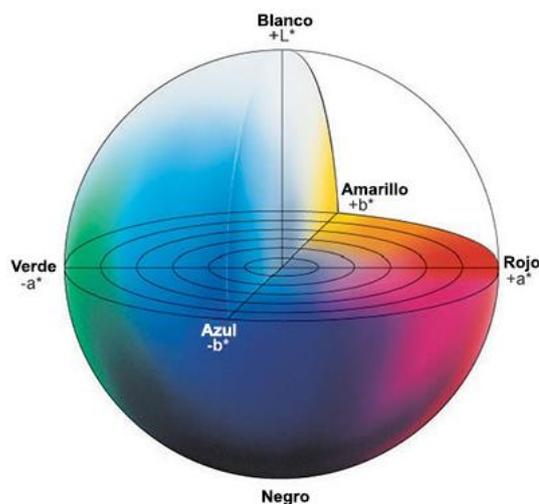


FIGURA 24. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL SISTEMA DE COORDENADAS CIE LAB.
FUENTE KONICA MINOLTA

ROTULADO NUTRICIONAL

A partir de la composición centesimal de la premezcla obtenida y de acuerdo con lo establecido en el capítulo V del Código Alimentario Argentino, se procedió a calcular el aporte nutricional correspondiente y se elaboró la tabla nutricional.

ETIQUETA DE PRODUCTO

A partir del diseño de la tabla nutricional, se realizó el diseño de un prototipo de etiqueta para el producto desarrollado.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

El análisis descriptivo de los datos y la comparación de medias, para evaluar diferencias significativas en ambas formulaciones, se realizó utilizando el Software Infostat versión 2017.

Diferencias entre medias de muestras fueron consideradas significativas para valores de $\alpha = 0,05$, el cual se comparó con el p-valor obtenido en la prueba de t-Student.

CAPÍTULO 3:

RESULTADOS Y

DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSION

ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA PREMEZCLA

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COMPOSICIÓN DE LAS PREMEZCLAS FORMULADAS

En la tabla 3 se muestran los informes nutricionales obtenidos para cada una de las premezclas formuladas

TABLA 3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS NUTRICIONALES OBTENIDOS DE AMBAS PREMEZCLAS

Determinación	Método / unidad	Resultados	
		Premezcla con harina de garbanzos sin germinar	Premezcla con harina de garbanzos germinados
Humedad	Gravimetría / g%g Mtra.	9,13±0,49 ^a	7,86±0,11 ^a
Cenizas Totales	Gravimetría / g%g Mtra.	3,41±0,01 ^a	3,44±0,21 ^a
Proteínas	Kjeldahl / g%g Mtra.	16,71±0,37 ^a	17,32±0,13 ^a
Grasas Totales	Soxhlet / g%g Mtra.	3,47±0,08 ^a	4,17±0,64 ^a
Fibra Alimentaria	Gravimetría / g %g Mtra.	7,30±1,73 ^a	7,38±0,45 ^a
Hidratos de carbono	Cálculo / g %g Mtra.	59,95±2,49 ^a	59,80±1,07 ^a
Valor energético	Cálculo / Kcal %g Mtra.	337,87±9,25 ^a	345,95±1,01 ^a
Sodio	Fotometría de llama / mg%g Mtra.	7331,5±202,94 ^a	7187,5±406,59 ^a
Azúcar Invertido	Volumetría / g %g Mtra.	21,49±5,18 ^a	23,93±2,84 ^a

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

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 $p > 0.05$ (Anexo 1). Esto es esperable debido a que la única diferencia entre las premezclas es el proceso de germinación de los garbanzos utilizados en una de ellas. Los resultados nos demuestran que el proceso de germinación y deshidratación posterior no han modificado las características nutricionales del producto.

A fines prácticos y debidos a que nutricionalmente no se evidencian diferencias entre ambas premezclas, se decidió elaborar la tabla nutricional y comparar los resultados con premezclas comerciales, a partir de la premezcla elaborada con harina de garbanzos germinados, por el aporte tecnológico y la innovación que deseamos introducir con el presente estudio.

ROTULADO NUTRICIONAL DE LA PREMEZCLA FORMULADA CON HARINA DE GARBANZOS GERMINADOS

Con el objetivo de poder comparar nutricionalmente al producto desarrollado con productos similares en el mercado, es que, cumpliendo con la RESOLUCIÓN GMC 46/03 – REGLAMENTO TÉCNICO MERCOSUR SOBRE EL ROTULADO NUTRICIONAL DE ALIMENTOS ENVASADOS se elabora, a partir del análisis nutricional, la tabla nutricional de la premezcla.

TABLA 4. INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE LA PREMEZCLA FORMULADA CON HARINA DE GARBANZOS GERMINADOS

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Porción 50g (3 cdas soperas)		
	Cantidad por porción	%VD(*)
Valor energético	173Kcal/732KJ	9
Carbohidratos	30g	10
Proteínas	8,7g	12
Grasas totales	2,1g	4
Fibra alimentaria	3,7g	14
Sodio	3593mg	150
(*) % Valores Diarios con base a una dieta de 2.000 kcal u 8.400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas		

Es posible notar que el contenido de sodio del producto final es elevado. Esto se debe principalmente al porcentaje de bicarbonato de sodio utilizado como leudante químico.

El Código Alimentario Argentino, en su artículo 226 – (Resolución Conjunta SCS y SAGyP N° 7/2022), establece que *“la declaración del rotulado nutricional frontal es obligatoria en los alimentos y bebidas analcohólicas envasados en ausencia del cliente o de la clienta a los que en su proceso de elaboración se haya agregado azúcares, sodio, grasas o ingredientes que los contengan, cuando en su composición final las cantidades de azúcares añadidos, grasas saturadas, grasas totales, sodio y/o energía sean iguales o superiores a los límites y condiciones definidos en el presente artículo. Del mismo modo, aquellos alimentos que contengan edulcorantes y/o cafeína deben declarar la leyenda precautoria de acuerdo a lo dispuesto por el presente artículo”*.

Como la premezcla elaborada tiene agregado de sal y de ingredientes que lo contienen, como lo es el leudante químico utilizado, debe cumplir con el artículo mencionado, es por esto que la etiqueta del producto, debe llevar el octógono de EXCESO EN SODIO.

ETIQUETA MODELO DEL PRODUCTO DESARROLLADO

A partir del diseño de la tabla nutricional, se desarrolla un prototipo de etiqueta para el producto elaborado.



FIGURA 25: FRENTE DE LA ETIQUETA DEL PRODUCTO ELABORADO



FIGURA 26: CONTRA ETIQUETA DEL PRODUCTO ELABORADO

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COMPOSICIÓN NUTRICIONAL ENTRE LA PREMEZCLA FORMULADA Y PREMEZCLAS COMERCIALES

Para poder comparar el aporte nutricional de la premezcla elaborada con harina de garbanzos germinados contra premezclas comerciales, se seleccionaron tres marcas, adquiridas en dietéticas de la provincia de Mendoza. La lista de ingredientes de cada una de ellas se muestra en la tabla 6.

TABLA 5. PREMEZCLAS COMERCIALES SELECCIONADAS PARA COMPARAR CON LA PREMEZCLA FORMULADA

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, Phyllium, Leudante químico INS 500ii, Goma xántica, Azúcar, Levadura instantánea, Sal.
Premezcla con levadura para elaborar Pizza y Pan. Libre de gluten sin TACC. Marca PUREZA	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 SANTA MARÍA	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 DIMAX	Harina de arroz, almidón de maíz, fécula de mandioca, emulsionantes: goma xántica y goma guar.

En la siguiente tabla se muestra la información nutricional de los cuatro productos evaluados.

TABLA 6. COMPARACIÓN DE INFORMACIÓN NUTRICIONAL ENTRE LA PREMEZCLA FORMULADA Y PREMEZCLAS COMERCIALES

	Cantidad por porción. Porción 50g			
	Premezcla desarrollada	Premezcla marca Pureza	Premezcla marca Santa María	Premezcla marca Dimax
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	3593mg	195mg	130mg	5mg

En cuanto al valor energético de las premezclas, podemos notar que la premezcla en estudio tiene un valor similar al de la marca Dimax, no así con los otros dos productos. Por otro lado, con respecto al contenido de carbohidratos podemos notar que la premezcla elaborada posee menor cantidad. Respecto a grasas totales, posee valores semejantes a la premezcla marca Santa María. Las diferencias más notables entre la premezcla formulada y las comerciales se encuentran en el contenido de proteínas y fibra alimentaria, logrando, en el peor de los casos, 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 phyllum y harina de lino dorado han aumentado el aporte de fibra alimentaria.

En el estudio de Cuneo (2012) sobre la disponibilidad, costo y valor nutricional de los alimentos libres de gluten en comercios de la ciudad de Santa Fe, el valor nutritivo fue evaluado de manera similar a este trabajo, considerando el contenido de: hidratos de carbono, sodio, fibra dietética, grasas totales, grasas saturadas y grasas trans, además del contenido de energía, realizando el análisis del rotulado nutricional y registrando la información por cada 100 g de producto. Si bien este estudio no contempla el contenido de proteínas, si el de fibra dietética, arrojando que en los alimentos "Sin TACC", el contenido de fibra dietética fue inferior con respecto a productos similares con TACC. Comparando nuestros datos con los obtenidos por Cuneo, el contenido de fibra dietética de la premezcla formulada, duplica y hasta triplica su valor, sobre todo en aquellos productos sin TACC que no tienen aportes significativos de fibra.

Con respecto al aumento en el contenido proteico de la premezcla, este cambio se condice con estudios que han evaluado el aumento del contenido de proteínas con el agregado de harina de arvejas. Alasino (2009) analizó muestras de pan elaboradas con distintos porcentajes de harina de arvejas en su formulación (5 %, 10 % y 15 %), registrando que en la muestra con un 15% de harina de arvejas, el incremento proteico fue del 16,5% con respecto al testigo. De esta manera podemos verificar que, en la premezcla formulada, la suplementación con proteína de arveja mejora el valor proteico del producto final.

Como se mencionó en el apartado de la construcción de la información nutricional, las dos premezclas formuladas para este estudio, poseen un contenido de sodio elevado, debido principalmente al uso de bicarbonato de sodio como leudante químico. De las premezclas que se utilizaron para comparar, solo la de marca Pureza es la que en sus ingredientes declara el uso de leudantes químico, pero a diferencia de la premezcla en estudio, utiliza fosfato de amonio y bicarbonato de sodio. El uso de estos aditivos se condice con el contenido de sodio declarado, que es mayor que en las otras dos premezclas comerciales. Posiblemente la proporción y el tipo de leudante químico utilizado, modifica el aporte de sodio del producto final.

ANALISIS DE LOS PANES ELABORADOS

MEDICIÓN DE COLOR DE CORTEZA Y MIGA

Las coordenadas de color establecidas para el sistema de color cielab (comisión internacional de la iluminación) se indican en la tabla 8. El análisis estadístico de los datos permitió evidenciar diferencias significativas para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ en dos de las coordenadas entre los panes elaborados a partir de las dos premezclas formuladas. se evaluaron diferencias en el color de la miga y de la corteza de los panes.

TABLA 7. RESULTADOS DE COLOR DE MIGA OBTENIDOS PARA LOS PANES OBTENIDOS

Miga de pan elaborado	Color		
	L	a	b
Con harina de garbanzos sin germinar	55,57±1,82 ^a	-0,07±0,17 ^a	13,55±0,19 ^a
Con harina de garbanzos germinados	53,12±1,87 ^b	0,21±0,21 ^b	13,39±0,83 ^a

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

TABLA 8. RESULTADOS DE COLOR DE CORTEZA OBTENIDOS PARA LOS DOS PANES OBTENIDOS A PARTIR DE LAS PREMEZCLAS EN ESTUDIO

Corteza de pan elaborado	Color		
	L	a	b
Con harina de garbanzos sin germinar	39,52±2,19 ^a	8,91±0,45 ^a	16,08±0,76 ^a
Con harina de garbanzos germinados	36,86±3,89 ^a	10,43±4,49 ^a	14,76±2,98 ^a

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

Se encontraron diferencias significativas para las coordenadas L* y a*, no así para la coordenada b* en la medición de color de la miga entre los panes elaborados para un $p > 0,05$ (Anexo 1). La miga de los panes elaborados a partir de la premezcla formulada 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 elaborados, el análisis estadístico de los datos no arroja diferencias significativas para ninguna de las coordenadas.

Esos resultados se condicen con los obtenidos por Melo (2018) en sus estudio sobre el enriquecimiento de panes sin gluten con mezclas proteicas de arveja, con la diferencia que este estudio arrojó diferencias de color en la corteza de los panes, en contra posición a los resultados del presente análisis que encontró diferencias de color en la miga. Melo describió que la luminosidad (L*) de las cortezas fue modificada por la incorporación de las proteínas de los panes. Se observa que el pan con mayor valor de ese parámetro es el control, con diferencias significativas con todos los otros panes. El valor de la coordenada a* también aumentó significativamente. Melo explica que este efecto podría ser debido a las reacciones de Maillard y de caramelización producidas en el horneado. El oscurecimiento global como resultado de la incorporación de las proteínas es un efecto deseable, ya que los panes libres de gluten (ricos en arroz o almidones) tienen 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* que no hay diferencias significativas entre ninguna de las muestras.



FIGURA 27. PAN OBTENIDO A PARTIR DE PREMEZCLA CON HARINA DE GARBANZOS SIN GERMINAR. FOTOGRAFÍA PROPIA



FIGURA 28. PAN OBTENIDO A PARTIR DE PREMEZCLA CON HARINA DE GARBANZOS GERMINADOS. FOTOGRAFÍA PROPIA

MEDICIÓN DE VOLUMEN ESPECÍFICO

Los resultados de las mediciones de volumen específico de las rodajas de pan, se muestran en tabla 9.

TABLA 9. RESULTADOS DE MEDICIONES DE VOLUMEN ESPECÍFICO PARA LOS PANES EN ESTUDIO

Pan elaborado	Volumen específico
Con harina de garbanzos sin germinar	1,51±0,14 ^a
Con harina de garbanzos germinados	1,64±0,12 ^a

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

Del análisis estadístico de los datos podemos establecer que no se encontraron diferencias significativas en el volumen específico entre las muestras de pan elaborados a partir de las dos formulaciones probadas para un $p > 0.05$ (Anexo 1).

Santos y *col.* (2021) en su estudio sobre el impacto del nivel de hidratación de la masa en la calidad del pan sin gluten: un caso a estudiar con harina de garbanzos, pudo obtener aumentos del volumen específico para niveles de hidratación del 150% al 160% sobre el peso de la harina de garbanzos utilizados. Estos porcentajes de hidratación contribuyeron al aumento del volumen específico del pan y de la suavidad de la miga sin causar daño a la estructura celular.

El presente estudio se diferencia del de Santos principalmente en dos variables, la primera de ellas es que en las premezclas analizadas no se utiliza exclusivamente harina de garbanzos, sino que se utiliza una mezcla de harinas y la segunda variable es que no se han modificado los niveles de hidratación de la mezcla de harina, presentando un nivel de hidratación del 125%, menor al óptimo nivel de hidratación probado por Santos.

MEDICIÓN DE VOLUMEN ALVEOLAR

Los resultados obtenidos de la medición del volumen alveolar se pueden observar a continuación:

TABLA 10. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE VOLUMEN ALVEOLAR CON EL SOFTWARE IMAGE J PARA LOS DOS PANES ESTUDIADOS

Pan elaborado	Volumen alveolar
Con harina de garbanzos sin germinar	12,47±6,49 ^a
Con harina de garbanzos germinados	11,84±6,46 ^a

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

Estos resultados se obtuvieron mediante el uso del software Image J que, mediante una transformación de fotografías a blanco y negro, permite medir el porcentaje de área negra, que se corresponde con los alveolos presentes en la miga. Las imágenes obtenidas se pueden apreciar en las figuras 29 y 30.

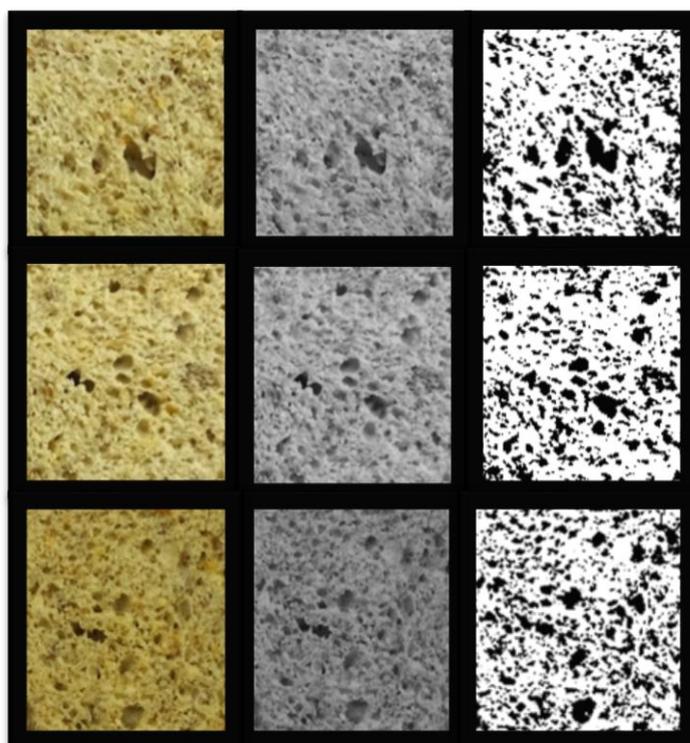


FIGURA 29. IMÁGENES OBTENIDAS CON EL SOFTWARE IMAGE J DEL PAN FORMULADO CON HARINA DE GARBANZOS SIN GERMINAR

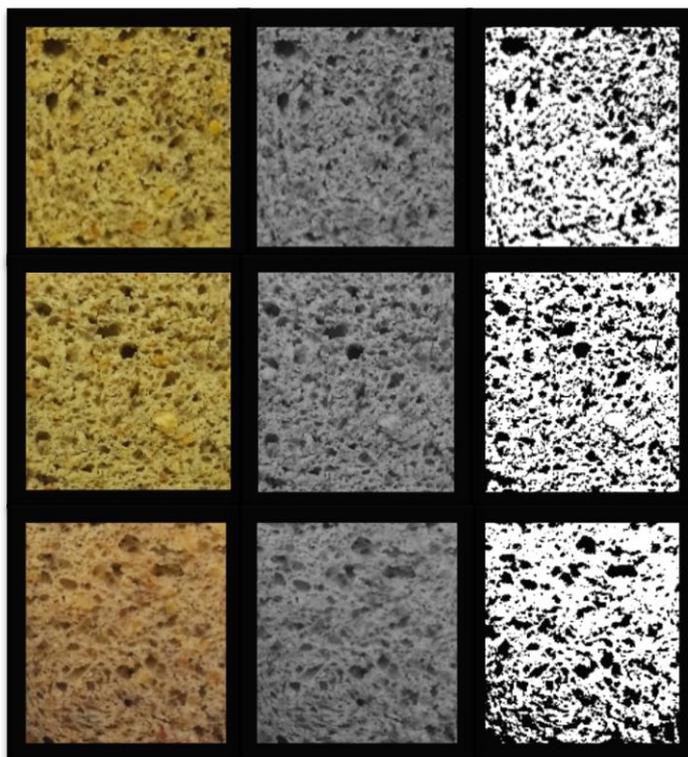


FIGURA 30. IMÁGENES OBTENIDAS CON EL SOFTWARE IMAGE J DEL PAN FORMULADO CON HARINA DE GARBANZOS GERMINADOS

El análisis estadístico de los datos determinó que no se evidencian diferencias significativas entre los dos panes en estudio para un $p > 0.05$ (Anexo 1). Sin embargo, de la observación de las fotografías podemos notar que en el caso del pan elaborado a partir de la premezcla formulada con harina de garbanzos germinados los alveolos desarrollados en la miga son de menor tamaño pero más uniformes, a diferencia del pan elaborado con la premezcla elaborada 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 puede ser la adecuada para los consumidores.

Estas observaciones se condicen con el estudio de Santos *y col.* (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.

En el estudio citado, el número o el tamaño medio de los alveolos cambió ligeramente con los diferentes niveles de agua añadidos, sin embargo, la adición del 150% el agua resultó en el mayor número y el menor tamaño promedio de alveolos. Con base en estos datos, encontró que aumentar el contenido de agua del 100% al 150% o al 160% aumentó el volumen alveolar y disminuyó la firmeza de la miga, mejorando así las propiedades físicas del producto, mientras que aumentar el contenido de agua al 170% o más perjudica el crecimiento y la estructura de los alveolos, como se muestra al disminuir el volumen específico y aumentar el deterioro de la estructura, especialmente al nivel del 180% de porcentaje de hidratación.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El estudio permitió la formulación de una premezcla para la elaboración de pan, con valores nutricionales mejorados en cuanto a parámetros como contenido de proteínas y contenido de fibra alimentaria, en comparación con premezclas que se comercializan en la actualidad.

Un aspecto importante para destacar es que estas mejoras fueron logradas gracias a la incorporación de ingredientes innovadores de origen vegetal, como lo son la proteína de arveja y el Phyllium.

El efecto de las α amilasas generadas durante la germinación de los granos de garbanzo tuvo influencia en la variable color sobre la miga de los panes elaborados, no ocurriendo lo mismo con la variable color en la corteza, los parámetros volumen específico y volumen alveolar, en los cuales no mostró diferencias significativas.

Con la proporción de harina de garbanzos germinados en la fórmula y la proporción de hidratación en la elaboración del pan, pudo probarse respecto a la hipótesis planteada de que la calidad nutritiva o 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, en la variable color. Con este resultado se acepta parcialmente la hipótesis planteada.

Estudios citados anteriormente proponen que el aumento del contenido de agua en la elaboración de panes elaborados con granos germinados, colabora con el aumento del volumen alveolar y disminuye la firmeza de la miga, mejorando así las propiedades físicas del producto.

Es por esto que en ensayos posteriores, tanto el porcentaje de harina de garbanzos como el porcentaje de hidratación de la premezcla para la obtención del pan, podrían someterse a estudios que permitan optimizar las condiciones y así poder lograr mejoras tecnológicas en la obtención del producto final con la innovación de incorporar harinas de granos germinados en las premezclas sin gluten.

El no encontrar diferencias significativas para la medición de volumen específico entre los dos panes con la misma hidratación, puede significar que el proceso de germinación no ha modificado este parámetro, pero podrían desarrollarse nuevas formulaciones con mayor proporción de harinas de granos germinados para probar estos resultados.

Como se concluyó en el apartado anterior, el porcentaje de hidratación de la premezcla puede ser una variable a tener en cuenta en una futura reformulación, con el fin de lograr mejoras en el número y tamaño de los alveolos, para poder potenciar las diferencias visuales desarrolladas en el pan elaborado a partir de la premezcla formulada con harina de garbanzos germinados.

Otra posible mejora a incorporar sería el reemplazo del bicarbonato de sodio como leudante químico, ya que elevó la cantidad de sodio del producto final, a valores mayores con respecto a su comparación con las premezclas comerciales. Debido a que el valor obtenido resulta excesivamente elevado, se sugiere comparar este resultado con el obtenido por otro laboratorio. Otra posible alternativa podría ser la de sugerir que la incorporación de sal sea realizada por el consumidor al momento de elaborar el producto, de acuerdo a sus preferencias, para de esta manera evitar añadir sodio en la formulación.

BIBLIOGRAFÍA

AACC. (2000). In Approved methods of analysis method, 10, 74-09.

Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (2023). *Recomendaciones para un menú libre de gluten seguro*. [Archivo PDF]. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_guia_menu_lg_2023.pdf

Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. Código Alimentario Argentino. Capítulo IX – Alimentos Farináceos - Cereales, Harinas y Derivados. <https://www.argentina.gob.ar>.

Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. Código Alimentario Argentino. Capítulo XI – Alimentos Vegetales. <https://www.argentina.gob.ar>.

Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. Código Alimentario Argentino. Capítulo XVI – Correctivos y Coadyuvantes. <https://www.argentina.gob.ar>.

Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. Código Alimentario Argentino. Capítulo XVII – Alimentos de Régimen o Dietéticos. <https://www.argentina.gob.ar>.

Alasino, M. C. (2009). “Harina de arveja en la elaboración de pan. Estudio del efecto de emulsionantes como mejoradores de volumen y vida útil. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Litoral, Argentina]. <http://hdl.handle.net/11185/145>

Al-Assaf, S., Phillips, G.O., Williams, P.A., Takigami, S., Dettmar, P. y Havler, M. Molecular weight, tertiary structure, water binding and colon behaviour of ispaghula husk fibre. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62: 211–21.

Asociación Argentina de Alergia e Inmunología Clínica. (8 de julio de 2019). *8 de julio: Día Mundial de la Alergia*. <https://www.alergia.org.ar/index.php/institucional/sobre-aaaeic/newsletter/8-de-julio-dia-mundial-de-la-alergia>

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. Estudio cualicuantitativo de tipo descriptivo realizado en comercios de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), Corrientes capital, Resistencia, Posadas y Goya. *Revista de investigación académica*, ISSN-e 0329-3475, Nº. 39, 2018, 60-66.

Cáceres Najarro, M. (2009). Caracterización del almidón en papas nativas del grupo Solanum phureja. [Tesis de Ingeniería, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú] <https://hdl.handle.net/10568/125273>

Case, S. (2005). The Gluten Free Diet: How to Provide Effective Education and Resources. *Gastroenterology*, 128(4), 128-134.

Centeno, C. (2019). Incorporación del psyllium en productos alimentarios tipo pudding. [Tesis de Maestría, Universidad de Valladolid, España]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37290/TFM-L471.pdf>

Cúneo F y Ortega, JG. (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

Esposito, M. A y Accoroni, C. (2021). *Evaluación del contenido proteico en variedades de arveja. EEA INTA Oliveros.* [Archivo PDF]. https://repositorio.inta.gov.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/15442/INTA_CRSantaFe_EEAOliveros_Esposito_A_evaluacion_contenido_proteico_variedades_arveja.pdf.

Figuerola, F.; Muñoz, O. y Estévez, A. M. (2008). La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. *Revista AGRO SUR*, 36 (2), 49-58.

Franco, P. (2024). Influencia de la germinación de trigo y de garbanzo en las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las harinas y su efecto en la producción de pastas secas. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina].

Fuentes L., M. R., y Guerrero U., 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://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/450

Fundación Nuevas Generaciones. (01 de octubre de 2023). *Programa de asesoría parlamentaria. Alergias Alimentarias en la Argentina.* https://www.nuevasgeneraciones.com.ar/sitio/wp-content/uploads/documentos3/archivo/10/201311_alergias_alimentarias.pdf

Guarda, A.; Rosell, C. M.; Benedito, C. y Galotto, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18, 241–247. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(03\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00080-8)

Guilar, V.G y Vélez-Ruiz, J.F. (2017). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). [Tesis de grado, Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla, México] <https://www.researchgate.net/publication/319185894>

Guo, Q.; Cui, S.; Wang, Q. y Young, J. (2008). Fractionation and physicochemical characterization of psyllium gum. *Carbohydrate Polymers*, 73, 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.11.001>

Guo, Q.; Riehm, M.; Defelice, C. y Cui, S. (2010). Formulation optimization of psyllium-based binding product by response surface methodology. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.8 (2): 882-889.

Gutierrez, H. (2012). Estudio del efecto de la adición de la enzima alfa amilasa en un pan tipo muffin, elaborado con diferentes tipos de harina de trigo. [Tesis de grado, Universidad técnica de Ambato, Ecuador]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3093>

Higa, G y Soria, N. (2016). Desarrollo de Premezcla Integral Universal sin T.A.C.C. [Tesis de grado, Instituto Universitario Fundación H.A Barceló, Facultad de Medicina, Argentina] https://repositorio.barcelo.edu.ar/greenstone/collect/snrd/index/assoc/HASH01c7.dir/BRC_TF_I_Higa_Soria.pdf

Iglesias-Puig, E. y Haros, M. (2013). Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). *Eur Food Res Technol*, 237, 865–874. <https://www.researchgate.net/publication/257373440>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2023). *Trigo como alimento: su cultivo y producción en Latinoamérica*. [Archivo PDF]. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/15210/INTA_CRBsAsSur_EEABalcarce_Abbate_PE_Trigo_alimento_cultivo_producci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kohajdová, Z., Karovicová, J. y Magala, M. (2011). Utilisation of chickpea flour for crackers production. *Acta Chimica Slovaca*, 4(2), 98 - 107.

Lacerda, L.; Oliveira, G.; Rodrigues de Alencar, E.; Vieira Queiroz, V.; Figueiredo, L. (2022). Physical, chemical, and antioxidant 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>

López, A.; Huerta, A.; Torrez, E.; Sangerman-Jarquín, D.; Orozco de Rosas, G. y Arriaga, M. (2017). Chía (*Salvia hispanica* L.) situación actual y tendencias futuras. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol.8 (7), 1619-1631.

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 Economía (04 de enero de 2021). *Proteínas vegetales, el “ingrediente secreto” de los nuevos alimentos*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/proteinas-vegetales-el-ingrediente-secreto-de-los-nuevos-alimentos>

Ministerio de salud. (2020). *Encuesta sobre prácticas y percepciones de la comunidad celíaca acerca de los alimentos libres de gluten (ALG)*. [Archivo PDF]. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_informe_encuesta_alg_2020_actualizado.pdf

Ministerio de salud. (2017). *Directrices para el rotulado de alérgenos y sustancias capaces de producir reacciones adversas en individuos susceptibles de productos alimenticios envasados*. [Archivo PDF]. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat-directrices_rotulado_alergenos_0.pdf

Ministerio de salud. (2013). *Guía de buenas prácticas de manufactura – Establecimientos elaboradores de alimentos libres de gluten*. [Archivo PDF]. https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2018-10/0000000416cnt-2013-05_guia-bpm-elaboradores-alg.pdf

Olmedo, F. *sf*. Las amilasas en la panificación

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 tricipiro de uso potencial en la producción de bioetanol. *Semiárida*, 31(1), 3543.

Porfiri, M.C (2012). Desarrollo de metodologías alternativas de purificación y concentración de alfa-amilasa desde diversas fuentes naturales. [Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad Nacional de Rosario, Argentina]. <http://hdl.handle.net/2133/10332>

Rodríguez Huertas J, Rodríguez Lara A, González Acevedo O y Mesa MD. (2019). Leche y productos lácteos como vehículos de calcio y vitamina D: papel de las leches enriquecidas. *Revista Nutrición Hospitalaria*, 36(4), 962-973.

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.

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)

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.

Sociedad Argentina de Gastroenterología. (03 de marzo de 2024). *Enfermedad Celíaca*. <https://sage.org.ar/pacientes/intestino-delgado-colon/enfermedad-celiaca/>

Toca MC, Fernández A, Orsi M, Tabacco O y Vinderola G. (2022). Intolerancia a la lactosa: mitos y verdades. *Actualización. Arch Argent Pediatr*, 120(1), 59-66.

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, núm. 2. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541013>

Verma, A. y Mogra, R. (2013). Psyllium (*Plantago ovata*) Husk: A Wonder Food for Good Health. *International Journal of Science and Research*, 4, 1581- 1585. <https://www.ijsr.net/archive/v4i9/SUB158459.pdf>

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.

Villanueva Flores, R., (2017). Productos libres de gluten: un reto para la industria de los alimentos. *Revista Ingeniería Industrial*, (35), 183-194.

ANEXOS

ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA PREMEZCLA

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COMPOSICIÓN DE LAS PREMEZCLAS FORMULADAS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis nutricional de las premezclas por parte del laboratorio Fitoquímicos IADIZA-CONICET.

TABLA 3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LAS MUESTRAS DE LAS PREMEZCLAS FORMULADAS

Determinación	Método / unidad	Resultados			
		Premezcla con harina de garbanzos sin germinar Muestra 1	Premezcla con harina de garbanzos sin germinar Muestra 2	Premezcla con harina de garbanzos germinados Muestra 1	Premezcla con harina de garbanzos germinados Muestra 2
Humedad	Gravimetría / g%g Mtra.	9,48	8,78	7,94	7,78
Cenizas Totales	Gravimetría / g%g Mtra.	3,40	3,42	3,29	3,58
Proteínas	Kjeldahl / g%g Mtra.	16,97	16,45	17,41	17,23
Grasas Totales	Soxhlet / g%g Mtra.	3,41	3,53	3,71	4,62
Fibra Alimentaria	Gravimetría / g %g Mtra.	8,52	6,07	7,06	7,70
Hidratos de carbono	Cálculo / g %g Mtra.	58,19	61,71	60,55	59,04
Valor energético	Cálculo / Kcal %g Mtra.	331,33	344,41	345,23	346,66
Sodio	Fotometría de llama / mg%g Mtra.	7475	7188	6900	7475

Medidas resumen obtenidas para las dos premezclas formuladas

Columnal	Variable	n	Media	D.E.	Min	Máx
Pan g	Humedad	2	7,86	0,11	7,78	7,94
Pan g	Cenizas	2	3,44	0,21	3,29	3,58
Pan g	Proteínas	2	17,32	0,13	17,23	17,41
Pan g	Grasas Totales	2	4,17	0,64	3,71	4,62
Pan g	Fibra	2	7,38	0,45	7,06	7,70
Pan g	Hidratos de carbono	2	59,80	1,07	59,04	60,55
Pan g	Valor energético	2	345,95	1,01	345,23	346,66
Pan g	Sodio	2	7187,50	406,59	6900,00	7475,00
Pan g	Azúcar	2	23,93	2,84	21,92	25,94
Pan sg	Humedad	2	9,13	0,49	8,78	9,48
Pan sg	Cenizas	2	3,41	0,01	3,40	3,42
Pan sg	Proteínas	2	16,71	0,37	16,45	16,97
Pan sg	Grasas Totales	2	3,47	0,08	3,41	3,53
Pan sg	Fibra	2	7,30	1,73	6,07	8,52
Pan sg	Hidratos de carbono	2	59,95	2,49	58,19	61,71
Pan sg	Valor energético	2	337,87	9,25	331,33	344,41
Pan sg	Sodio	2	7331,50	202,94	7188,00	7475,00
Pan sg	Azúcar	2	21,49	5,18	17,82	25,15

Comparación de medias para los resultados las variables nutricionales

Proteínas

Proteinas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteinas	4	0,71	0,57	1,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,37	1	0,37	4,92	0,1569
Columnal	0,37	1	0,37	4,92	0,1569
Error	0,15	2	0,08		
Total	0,52	3			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,18280

Error: 0,0757 gl: 2

Columnal	Medias	n	E.E.
Pan sin g	16,71	2	0,19 A
Pan g	17,32	2	0,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Grasas totales

Grasas T

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grasas T	4	0,53	0,30	12,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,48	1	0,48	2,29	0,2691
Columnal	0,48	1	0,48	2,29	0,2691
Error	0,42	2	0,21		
Total	0,90	3			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,97296

Error: 0,2106 gl: 2

Columnal	Medias	n	E.E.
Pan sin g	3,47	2	0,32 A
Pan g	4,17	2	0,32 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fibra

Fibra

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fibra	4	2,2E-03	0,00	17,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	1	0,01	4,5E-03	0,9526
Columnal	0,01	1	0,01	4,5E-03	0,9526
Error	3,21	2	1,60		
Total	3,21	3			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,44293

Error: 1,6030 gl: 2

Columnal Medias n E.E.

Pan sin g 7,30 2 0,90 A

Pan g 7,38 2 0,90 A

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

Hidratos de carbono

Hidratos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hidratos	4	3,3E-03	0,00	3,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	1	0,02	0,01	0,9429
Columnal	0,02	1	0,02	0,01	0,9429
Error	7,34	2	3,67		
Total	7,36	3			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,23294

Error: 3,6676 gl: 2

Columnal Medias n E.E.

Pan g 59,80 2 1,35 A

Pan sin g 59,95 2 1,35 A

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

Valor energético

Valor E

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Valor E	4	0,43	0,14	1,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	65,21	1	65,21	1,51	0,3445
Columnal	65,21	1	65,21	1,51	0,3445
Error	86,57	2	43,28		
Total	151,77	3			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=28,28267

Error: 43,2828 gl: 2

Columnal Medias n E.E.

Pan sin g 337,87 2 4,65 A

Pan g 345,95 2 4,65 A

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

Sodio

Sodio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sodio	4	0,09	0,00	4,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20736,00	1	20736,00	0,20	0,6979
Columnal	20736,00	1	20736,00	0,20	0,6979
Error	206497,00	2	103248,50		
Total	227233,00	3			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1381,35262

Error: 103248,5000 gl: 2

Columnal Medias n E.E.

Pan g 7187,50 2 227,21 A

Pan sin g 7331,50 2 227,21 A

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

ANÁLISIS DE LOS PANES ELABORADOS

MEDICIÓN DE COLOR DE CORTEZA Y MIGA

Resultados de color de miga obtenidos para los panes elaborados

Columnal	Variable	n	Media	D.E.	Min	Máx
pan g	L	6	53,12	1,87	50,83	55,26
pan g	a	6	0,21	0,21	0,04	0,62
pan g	b	6	13,39	0,83	12,53	14,46
pan sin g	L	6	55,57	1,82	53,15	57,93
pan sin g	a	6	-0,07	0,17	-0,29	0,11
pan sin g	b	6	13,55	0,19	13,29	13,85

Comparación de medias para los resultados de color de miga de los panes elaborados

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	p-valor	prueba
Columnal	L	{pan g}	{pan sin g}	6	6	53,12	55,57	-2,45	-4,82	-0,08	0,9496	-2,30	0,0442	Bilateral
Columnal	a	{pan g}	{pan sin g}	6	6	0,21	-0,07	0,28	0,04	0,53	0,6165	2,56	0,0285	Bilateral
Columnal	b	{pan g}	{pan sin g}	6	6	13,39	13,55	-0,15	-1,05	0,74	0,0062	-0,44	0,6760	Bilateral

Resultados de color de corteza obtenidos para los panes elaborados

Columnal	Variable	n	Media	D.E.	Min	Máx
pan g	L	10	36,86	3,89	28,82	41,57
pan g	a	10	10,43	4,49	8,51	23,14
pan g	b	10	14,76	2,98	7,01	17,16
pan sin g	L	10	39,52	2,19	35,30	43,19
pan sin g	a	10	8,91	0,45	8,21	9,67
pan sin g	b	10	16,08	0,76	15,11	17,29

Comparación de medias para los resultados de color de corteza de los panes elaborados

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	p-valor	prueba
Columnal	L	{pan g}	{pan sin g}	10	10	36,86	39,52	-2,67	-5,63	0,30	0,1013	-1,89	0,0749	Bilateral
Columnal	a	{pan g}	{pan sin g}	10	10	10,43	8,91	1,53	-1,70	4,76	<0,0001	1,07	0,3121	Bilateral
Columnal	b	{pan g}	{pan sin g}	10	10	14,76	16,08	-1,31	-3,48	0,85	0,0004	-1,35	0,2061	Bilateral

MEDICIÓN DE VOLUMEN ESPECÍFICO

Resultados de volumen específico obtenidos para los panes elaborados

Columnal	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
pan g	vol específico	6	1,64	0,12	1,50	1,79
pan sin g	vol específico	6	1,51	0,14	1,38	1,75

Comparación de medias para los resultados de volumen específico de los panes elaborados

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	p-valor	prueba
Columnal	vol específico	{pan g}	{pan sin g}	6	6	1,64	1,51	0,13	-0,03	0,30	0,6746	1,78	0,1056	Bilateral